

В.С. Кухта, В.Ф. Макєєв*, О.С. Курманов*, О.М. Станкевич***

Порівняльна оцінка міцностних характеристик композитів світлової полімеризації для реставрації зубів за методом трьохточкового згину

*Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького, Львів, Україна

**Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львів, Україна

Мета: провести порівняльний аналіз міцнісних характеристик композитів світлової полімеризації для реставрації зубів за методом трьохточкового згину.

Результати. Визначено, що за міцністю на згин стоматологічні композити розташувались у такому порядку: Tetric N-Ceram (164,44 МПа) < Charisma Classic (141,19 МПа) < Filtek Z250 (129,38 МПа) < Latelux (60,75 МПа). За критерієм Тьюкі міцність на згин композиту «Latelux» статистично суттєво відрізняється від інших матеріалів ($p < 0,01$). Водночас між навантаженням руйнування композитів Tetric N-Ceram і Charisma Classic ($p > 0,2$), Charisma Classic та Filtek Z250 ($p > 0,09$), Tetric N-Ceram і Filtek Z250 ($p > 0,8$) ця різниця не суттєва.

Висновки. За параметрами міцності на згин і модулем пружності досліджувані матеріали відповідають сучасним вимогам до міцності гібридних матеріалів, а найкращі показники повинен композит «Tetric N-Ceram».

Ключові слова: полімерні композити, міцність, метод акустичної емісії.

Актуальність

Одним з найпоширеніших методів відновлення дефектів у терапевтичній стоматології стала пряма композитна реставрація. Композити добре зарекомендували себе на практиці завдяки широкому спектру можливих випадків застосування, а також оцадній та адгезивній стабілізації твердих тканин зуба, що на відміну від непрямих методів відновлення є недорогою і швидкою альтернативою [1].

Завдяки наявності необхідних фізичних і механічних характеристик гібридні композити можна використовувати для реставрації всіх класів порожнин за Блеком, що дає змогу називати їх «універсальними» композитами.

Під час експлуатації в ротовій порожнині відновні матеріали зазнають переважно навантаження розтягу та стиску.

У літературі відомі результати визначення міцнісних характеристик вибраних матеріалів: міцності на згин, модуля пружності, діаметральної міцності та міцності на стиск композитів «Tetric N-Ceram» і «Charisma Classic» [2,3–5], міцності на осьовий й діаметральний стиск вітчизняного композиту «Latelux» [6, 7], міцності на згин, діаметральної та втомної міцності Filtek Z250 [8, 9, 10–13].

Однак не проведено однотипового комплексного порівняльного дослідження міцнісних характеристик цих матеріалів.

Матеріали та методи дослідження

Для порівняльних досліджень вибрані гібридні композити вітчизняного й зарубіжного виробництва.

LATELUX (Latus, Україна). Latelux призначений для використання в терапевтичній стоматології для пломбування каріозних порожнин усіх класів за Блеком, відновлення анатомічної форми й особливо для косметичної реставрації коронкових частин передніх зубів [14]. Належить до групи мікрогібридних композитів, які полімеризуються під дією світла з довжиною хвилі 400...500 нм. Композит складається з полімерної матриці (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA) та неорганічного модифікованого наповнювача (середній розмір часток – 0,7 мкм; максимальний розмір часток – 3,0 мкм).

Пломби характеризуються стабільністю кольору, високою твердістю, низьким водопоглинанням і добрим поліруванням.

Tetric N-Ceram (Ivoclar Vivadent, Ліхтенштейн). Tetric N-Ceram належить до наногібридних композитів для прямих реставраційних процедур у фронтальному та жувальному відділах [15]. Полімеризується світлом з довжиною хвилі в діапазоні 400...500 нм. У склад композиту входить мономерна матриця з диметакрилатів (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA). Розмір частинок неорганічних наповнювачів від 0,04 до 3 мкм.

Завдяки нанонаповнювачам матеріал має зменшену усадку, знижені усадкові напруження, високу зносостійкість, швидке та легке полірування, високий блиск.

CHARISMA CLASSIC (Kulzer, Німеччина). Charisma Classic належить до мікрогібридних композитів, що представляє друге покоління технології наповнювачів «Microglass» [16]. Основу матриці складають Bis-GMA та TEGDMA, а розмір частинок неорганічного наповнювача (барій-алюмо-фторидне скло) складає 0,01...2 мкм. Полімеризація відбувається за довжини хвилі 460...470 нм.

FILTEK Z250 (3M ESPE, США). Filtek Z250 універсальний композиційний пломбувальний матеріал світлової полімеризації [17]. На відміну від мікрогібридних композитів попередніх поколінь Filtek Z-250 містить більшу кількість частинок меншого розміру. Наповнювачем слугує цирконій/кремній. Вміст частинок неорганічного наповнювача складає 60 % від об'єму (без обробки силаном) з розміром частинок від 0,01 до 3,5 мкм. Містить смоли BIS-GMA, UDMA та BIS-EMA. Для міцного зв'язування реставрації із тканинами зуба використовують стоматологічний адгезив.

Матеріал легко моделюється завдяки винятковій еластичності, водночас достатньо щільний для забезпечення оптимального крайового прилягання. Серед переваг цього матеріалу виділяють можливість виконання багат шарових реставрацій, високу зносостійкість, відновлення як фронтальних, так і жувальних зубів, поєднується з іншими композитами.

Для випробувань за темою досліджень використовували згідно з міжнародним стандартом ISO 4049 «Стоматологія. Матеріали полімерні відновні» [18] балкоподібні зразки довжиною, шириною та висотою 25 мм, 2 мм та 2 мм відповідно (рис. 1).

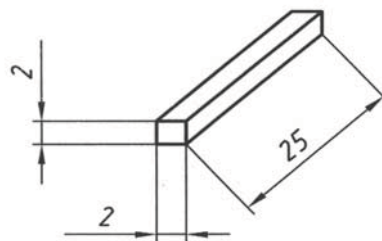


Рис. 1. Геометрія зразків (усі розміри в мм).

Для підготовки експериментальних зразків виготовили спеціальну форму, конструкцію якої наведено на рис. 2: 1 – основа пресформи, 2 – притискач, 3 – торцевий обмежувач, 4 – боковий обмежувач, 5 – гвинт, 6 – шайба. Форма розрахована на одночасне виготовлення 5-ти зразків.

Для проведення досліджень виготовили по 10 зразків кожного стоматологічного полімерного композиту. Пакування й формування матеріалу у форму проводили в лабораторних умовах за температури повітря 18...21°C.

У комірці форми для виготовлення зразків малими порціями вносили відповідний композитний матеріал світлового твердіння з подальшою конденсацією до дна та стінок комірки за допомогою стоматологічного штопфера для композитів (тип Ladmore, TNBBL2, виробник Nu-Friedy). Після заповнення всієї комірки матеріалом його надлишок усували притискачем, потім за допомогою гладилки для композитів (тип Goldstein, TNCIGFT4, виробник Nu-Friedy), шляхом згладжування поверхні композиту до рівня комірки. Далі проводили полімеризацію відповідного матеріалу за допомогою ультрафіолетового опромінення з довжиною хвилі 420...480 нм з інтенсивністю світлового потоку 2,0...2,2 мВ/см² (TURBO Program), використовуючи світлодіодну безпроводну фотополімерну лампу Bluephase 20i (G2) (Invoclar Vivadent). Світловий потік скеровували з відкритої сторони комірки, підносивши світловод фотополімерної лампи максимально близько, але не торкаючись поверхні матеріалу в комірці. Експозиція становила 40 секунд. Описану процедуру проводили послідовно вздовж зразка в комірці із кроком 5 мм. Після полімеризації матеріалу в усіх комірках зразки виводили з кювети і протягом 20 секунд освітлювали кожну з поверхонь ще раз.

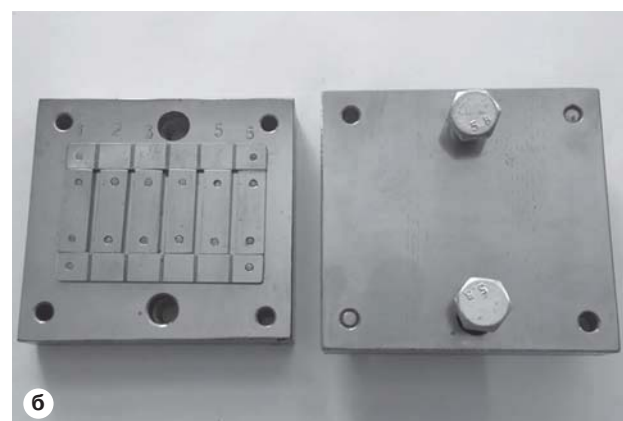
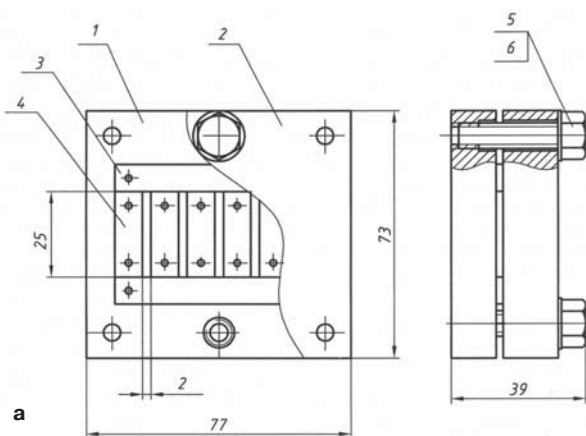


Рис. 2. Конструкція форми (а) для виготовлення зразків зі стоматологічних композитів та її загальний вигляд (б).

Далі поверхню зразків обережно шліфували абразивним папером (абразивність 320 гріт). Полірування зразків здійснювали до появи сухого блиску поверхні, після чого кожний з них оглядали візуально з метою виявлення можливих дефектів у товщі, дефектів полімеризації та структури, що могло призвести до хибних результатів під час проведення випробувань [18]. Перед випробуваннями зразки витримували протягом 24 год. при температурі 37°C у фізіологічному розчині.

На рис. 3 показано загальний вигляд зразків перед випробуваннями.

Експериментальні випробування зразків на міцність проводили на установці СВР-5 [19], розробленій у Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України. Вона призначена для лабораторних досліджень міцності і статичної тріщиностійкості матеріалів. Через конструкційні особливості установки її застосовують під час проведення досліджень методом АЕ. Зразки навантажували до повного руйнування зі швидкістю переміщення траверси 0,5 мм/хв [20].

На рис. 4 подано схему випробувань триточковим згином.

Міцність на згин обчислювали за формулою:

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2}, \quad (1)$$

де: σ – міцність на згин (МПа); F – навантаження руйнування (Н); L – відстань між опорами (мм); h – висота зразка (мм); b – ширина зразка (мм).

Для обчислення модуля пружності E (МПа) використали формулу:

$$E = \frac{3FL^3}{2bh^3D}, \quad (2)$$

де: F – навантаження руйнування (Н); L – відстань між опорами (мм); h – висота зразка (мм); b – ширина зразка (мм); D – деформація зразка при значенні F .

У нашому випадку $L = 20$ мм, $h = 2$ мм, $b = 2$ мм.



Рис. 3. Загальний вигляд зразків стоматологічного композиту «Laterlux».

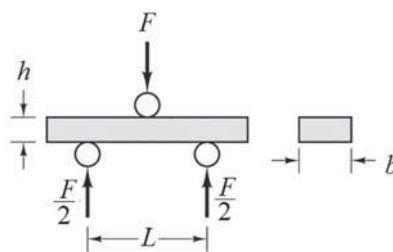


Рис. 4. Схема випробувань триточковим згином.

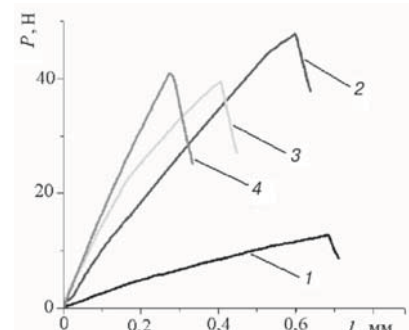


Рис. 5. Типові залежності «навантаження P – прогин l » під час триточкового згину стоматологічних композитів: 1 – Laterlux; 2 – Tetric N-Ceram; 3 – Charisma Classic; 4 – Filtek Z250.

Результати дослідження та їх обговорення

Із залежностей «навантаження P – прогин l » визначали значення та стандартні відхилення навантаження руйнування P_B та прогин l_B (табл. 1). Усі дані статистично аналізували за допомогою пакету ANOVA. Для виявлення статистично однорідних підмножин використали порівняльний критерій Тьюкі ($p = 0,05$).

На рис. 5 зображено типові діаграми навантаження реставраційних композитів. З їх аналізу бачимо, що характер руйнування матеріалів «Laterlux», «Tetric N-Ceram» і «Charisma Classic» пружно-пластичний на початковому етапі навантаження з переходом до крихкого при його подальшому зростанні. Натомість матеріал «Filtek Z250» руйнувався крихко, що підтверджує характер кривої його руйнування.

За даними табл. 1, для навантаження руйнування P_B матеріали розташувались у такому порядку: Tetric N-Ceram (4,38 Н) < Charisma Classic (3,76 Н) < Filtek Z250 (3,45 Н) < Laterlux (1,62 Н). За критерієм Тьюкі навантаження руйнування композиту «Laterlux» статистично суттєво відрізняється від інших матеріалів ($p < 0,01$). Водночас між навантаженням руйнування композитів Tetric N-Ceram і Charisma Classic ($p > 0,1$), Charisma Classic і Filtek Z250 ($p > 0,1$), Tetric N-Ceram і Filtek Z250 ($p > 0,8$) ця різниця не суттєва.

Для величини деформації (прогину) l_B , що відповідає навантаженню руйнування, отримали такий порядок матеріалів: Laterlux (0,63 мм) < Tetric N-Ceram (0,57 мм) < Charisma Classic (0,49 мм) < Filtek Z250 (0,24 мм). За критерієм Тьюкі встановили, що деформація, яка відповідає навантаженню руйнування композиту «Filtek Z250», статистично суттєво відрізняється від інших матеріалів ($p < 0,01$). Водночас для Laterlux і Tetric N-Ceram ($p > 0,4$), Laterlux і Charisma Classic ($p > 0,1$), Tetric N-Ceram і Charisma Classic ($p > 0,8$) ця різниця не суттєва.

Таблиця 1

Значення та стандартні відхилення (ств) механічних характеристик реставраційних композитів при триточковому згині

Матеріал	РВ, Н знач. (\pm ств)	ІВ, мм знач. (\pm ств)
Latelux	1,62 (\pm 0,03)	0,63 (\pm 0,09)
Tetric N-Ceram	4,38 (\pm 0,54)	0,57 (\pm 0,04)
Charisma Classic	3,76 (\pm 0,26)	0,49 (\pm 0,11)
Filtek Z250	3,45 (\pm 0,91)	0,24 (\pm 0,06)

Таблиця 2

Значення та стандартні відхилення (ств) міцності на згин і модуля пружності реставраційних композитів

Матеріал	В, МПа знач. (\pm ств)	Е, ГПа знач. (\pm ств)
Latelux	60,75 (\pm 9,24)	19,80 (\pm 5,26)
Tetric N-Ceram	164,44 (\pm 20,42)	57,59 (\pm 2,88)
Charisma Classic	141,19 (\pm 9,81)	60,10 (\pm 17,19)
Filtek Z250	129,38 (\pm 33,94)	107,46 (\pm 2,95)

Далі за співвідношеннями (2.1) і (2.2) визначали міцність композитів на згин та їх модуль пружності. Отримані результати представлено в табл. 2.

Згідно з даними табл. 3.2, за міцністю на згин стоматологічні композити розташувались у такому порядку: Tetric N-Ceram (164,44 МПа) < Charisma Classic (141,19 МПа) < Filtek Z250 (129,38 МПа) < Latelux (60,75 МПа). За критерієм Тьюкі міцність на згин композит «Latelux» статистично суттєво відрізняється від інших матеріалів ($p < 0,01$). Водночас між навантаженням руйнування композитів Tetric N-Ceram і Charisma Classic ($p > 0,2$), Charisma Classic і Filtek Z250 ($p > 0,09$), Tetric N-Ceram і Filtek Z250 ($p > 0,8$) ця різниця не суттєва.

Трохи іншу картину отримали за значенням модуля пружності досліджуваних матеріалів: Filtek Z250 (107,46 ГПа) < Charisma Classic (60,10 ГПа) < Tetric N-Ceram (57,59 ГПа) < Latelux (19,80 ГПа). За критерієм Тьюкі встановили, що міцність на згин композиту «Filtek Z250» статистично суттєво відрізняється від матеріалу «Latelux» ($p < 0,01$) та Charisma Classic і Tetric N-Ceram ($p < 0,05$). Водночас між модулем пружності Latelux і Tetric N-Ceram ($p > 0,1$), Latelux і Charisma Classic ($p > 0,5$), Tetric N-Ceram і Charisma Classic ($p > 0,7$) ця різниця не суттєва.

Отже, отримані результати узгоджуються з відомими в літературі [8, 9, 3–13]. За параметрами міцності на згин і модулем пружності досліджувані матеріали відповідають сучасним вимогам до міц-

ності гібридних матеріалів, а найкращі показники має композит «Tetric N-Ceram».

Висновки

- Згідно з результатами експериментальних досліджень за міцністю на згин стоматологічні композити розташувались у такому порядку: Tetric N-Ceram (164,44 МПа) < Charisma Classic (141,19 МПа) < Filtek Z250 (129,38 МПа) < Latelux (60,75 МПа). За критерієм Тьюкі міцність на згин композит «Latelux» статистично суттєво відрізняється від інших матеріалів ($p < 0,01$). Водночас між міцністю на згин композитів «Tetric N-Ceram» і «Charisma Classic» ($p > 0,2$), «Charisma Classic» і «Filtek Z250» ($p > 0,09$), «Tetric N-Ceram» і «Filtek Z250» ($p > 0,8$) ця різниця не суттєва.
- Для величини деформації, що відповідає навантаженню руйнування, отримали такий порядок матеріалів: Latelux (0,63 мм) < Tetric N-Ceram (0,57 мм) < Charisma Classic (0,49 мм) < Filtek Z250 (0,24 мм). За критерієм Тьюкі встановили, що деформація, яка відповідає навантаженню руйнування, композит «Filtek Z250» статистично суттєво відрізняється від інших матеріалів ($p < 0,01$). Водночас для Latelux і Tetric N-Ceram ($p > 0,4$), Latelux і Charisma Classic ($p > 0,1$), Tetric N-Ceram і Charisma Classic ($p > 0,8$) ця різниця не суттєва.

3. За значенням модуля пружності матеріали розташувались у такому порядку: Filtek Z250 (107,46 ГПа) < Charisma Classic (60,10 ГПа) < Tetric N-Ceram (57,59 ГПа) < Latelux (19,80 ГПа). За критерієм Тьюкі встановили, що модуль пружності композиту «Filtek Z250» статистично суттєво відрізняється від матеріалу «Latelux» ($p < 0,01$) та Charisma Classic і Tetric N-Ceram ($p < 0,05$). Водночас між модулем пружності Latelux і Tetric N-Ceram ($p > 0,1$), Latelux і Charisma Classic ($p > 0,5$), Tetric N-Ceram і Charisma Classic ($p > 0,7$) ця різниця не суттєва.

ПОСИЛАННЯ

- Manhart Y.U. Nanogibridnye kompozity dlya zubov zhevatel'noj grupy. Funkcional'naya i esteticheskaya al'ternativa restavraciyam iz amal'gamy // *Sovremennaya stomatologiya*. – 2015. – 2. – P. 7–10.
- Ilie N., Hickel R. Investigations on mechanical behaviour of dental composites // *Clin. Oral Invest.* – 2009. – 13. – P. 427–438 (Ukraine)
- Compressive fatigue behavior of dental restorative composites / J.A. Mohandesi, V. Barzegaran, M.A. Rafiee, F. Shafiei // *Dental Materials Journal*. – 2007. – 26 (6). – P. 827–837.
- Compressive strength of glass ionomer and composite resin. In vitro study / S.B. Lerech, S.F. Taryn, A.T. Dunoyer, J.M.B. Arrieta, A.D. Caballero // *Revista Odontologica Mexicana*. – 2017. – 21 (2). – P. e107–e111.
- Resin composites: Modulus of elasticity and marginal quality / A.R. Benetti, A. Peutzfeldt, A. Lussi, S. Flury // *Journal of Dentistry*. – 2014. – 42. – P. 1185–1192.
- Biryukova M.M., Bardinova N.A. Laboratornaya ocenka fiziko-mekhanicheskikh svojstv otechestvennogo fotokompozitnogo plombirovochnogo materiala «Latelux» // *Visnik stomatologii*. – 2009. – № 1. – P. 30–33. (Ukraine)
- Biryukova M.M. Porivnyal'nij analiz vlastivostej novogo vitchniznyanogo mikrogibridnogo plombuval'nogo materialu dlya vidnovnogo likuvannya / restavracii karioznih defektiv zubiv // *Ukrains'kij zhurnal medicini, biologii ta sportu*. – 2015. – № 1 (1). – P. 28–32 (Ukraine)
- Antunes P.V., Ramalho A. Mechanical characterization of dental restorative composite materials // *Materials Science Forum*. – 2004. – 455/456. – P. 393–397. Flexural and diametral tensile strength of composite resins / B.D. Bona, P. Benetti, M. Borba, D. Cecchetti // *Braz. Oral Res.* – 2008. – 22 (1). – P. 84–89.
- Influence of environmental conditions on dental composite flexural properties / M.P. Walker, R. Haj-Ali, Y. Wang, D. Hunziker et al. // *Dental Materials*. – 2006. – 22 (11). – P. 1002–1007.
- Microstructural characterization and fracture behaviour of a microhybrid and a nanofill composite / Rodrigues Junior S.A., Scherrer S.S., Ferracane J.L., Bona A.V. // *Dent. Mater.* – 2008. – 24. – P. 1281–1288.
- The mechanical properties of nanofilled rein-based composites: The impact of dry and wet cyclic pre-loading on bi-axial flexure strength / Curtis A.R., Palin W.M., Fleming G.J.P., Shortall A.C.C., Marquis // *Dent. Mater.* – 2009. – 25. – P. 188–197.
- A critical view on biaxial and short-beam uniaxial flexural strength tests applied to resin composites using Weibull, fractographic and finite element analyses / Pick B., Meira J.B.C., Driemeier L., Braga R.R. // *Dent. Mater.* – 2010. – 26 (1). – P. 83–90.
- Flexural fatigue behaviour of resin composite dental restoratives / Lohbauer U., Horst T.V.D., Frankenberger R., Krdmer N., Petschelt A. // *Dent. Mater.* – 2003. – 19. – P. 435–440.
- Latelux (Latelux) Sistemnyj komplekt. – URL: <http://www.latus.com.ua/ru/products/plombirovochnye-materialy/latelux-syst.html> (дата звернення 07.05.2021) (Ukraine).
- Ivoclar Vivadent. Tetric N-Ceram. Efficient restoration of anterior and posterior teeth. – URL: <https://highlights.ivoclarvivadent.com/dentist/en-asian/tetric-n-ceram> (дата звернення 07.05.2021).
- Kulzer. Charisma Classic. – URL: https://www.kulzer.com/int2/int/dent-tist/products_from_a_to_z/charisma_1/charisma_classic.aspx (дата звернення 07.05.2021).
- Filtek™ Z250 Universal Restorative – URL: https://www.3m.com/3M/en_US/p/d/espe_filtek_z250/ (дата звернення 17.05.2021).
- GOST R 56924-2016 (ISO 4049:2009) Stomatologiya. Materialy polimernye vosstanovitel'nye. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200135162> (дата звернення 21.07.2020) (Ukraine).
- Skal's'kij V.R., Andrejki O.Ye. Ocinka obyemnoi poshkodzhenosti materialiv metodom akustichnoyi emisii. – L'viv : VC LNU im. Ivana Franka, 2006. – 330 p. (Ukraine).
- ISO 4049:2000 Dentistry – Polymer-based filling, restorative and luting materials. 3-rd ed. – 2000. – 27 p.

Сравнительная оценка прочностных характеристик композитов световой полимеризации для реставрации зубов по методу трехточкового сгиба

В.С. Кухта, В.Ф. Макеев, О.С. Кырманов, О.М. Станкевич

Цель: провести сравнительный анализ прочностных характеристик композитов силовой полимеризации для реставрации зубов методом трехточечного изгиба.

Результати. Определено, що по прочності на изгиб стоматологические композиты расположились в следующем порядке: Tetric N-Ceram (164,44 МПа) < Charisma Classic (141,19 МПа) < Filtek Z250 (129,38 МПа) < Latelux (60,75 МПа). По критерию Тьюки прочность на изгиб композит «Latelux» статистически существенно отличается от других материалов ($p < 0,01$). В то же время между нагрузкой разрушения композитов Tetric N-Ceram и Charisma Classic ($p > 0,2$), Charisma Classic и Filtek Z250 ($p > 0,09$), Tetric N-Ceram и Filtek Z250 ($p > 0,8$) Tetric N-Ceram и Charisma Classic ($p > 0,2$), Charisma Classic и Filtek Z250 ($p > 0,09$), Tetric N-Ceram и Filtek Z250 ($p > 0,8$) эта разница не существенная

Выводы. По прочностным параметрам на изгиб и модулем упругости исследуемые материалы отвечают современным требованиям к прочностим гибридных материалов, а наилучшие показатели имеет композит «Tetric N-Ceram».

Ключевые слова: полимерные композиты, прочность, метод акустической эмиссии.

Comparative evaluation of the strength characteristics of light polymerization composites for teeth restoration by the three-point bend method

V. Kukhta, V. Makeev, O. Kurmanov, O. Stankevich

Purpose: to carry out a comparative analysis of the strength characteristics of composites of swill polymerization for the restoration of teeth using the three-point bending method.

Results. It was determined that in terms of bending strength, dental composites were arranged in the following order: Tetric N-Ceram (164.44 MPa) < Charisma Classic (141.19 MPa) < Filtek Z250 (129.38 MPa) < Latelux (60.75 MPa). According to the Tukey criterion, the bending strength of the Latelux composite is statistically significantly different from other materials ($p < 0.01$). At the same time, between the fracture load of composites Tetric N-Ceram and Charisma Classic ($p > 0.2$), Charisma Classic and Filtek Z250 ($p > 0.09$), Tetric N-Ceram and Filtek Z250 ($p > 0.8$) this difference is not significant.

Conclusion. In terms of bending strength parameters and elastic modulus, the studied materials meet modern requirements for the strength of hybrid materials, and the Tetric N-Ceram composite has the best performance.

Key words: polymer composites, strength, acoustic emission method.

Кухта Віктор Степанович – канд. мед. наук, доцент,

зав. кафедрою ортопедичної стоматології ЛНМУ ім. Данила Галицького. Львів, Україна.

E-mail: viktor.kukhta@gmail.com.

Макеев Валентин Федорович – д-р мед. наук,

професор кафедри ортопедичної стоматології ЛНМУ ім. Данила Галицького. Львів, Україна.

E-mail: prof.makeyev@gmail.com.

Курманов Олександр Сергійович – канд. мед. наук,

асистент кафедри ортопедичної стоматології ЛНМУ ім. Данила Галицького, Львів, Україна.

E-mail: kurmanov85@gmail.com.

Станкевич Олена Михайлівна – д-р тех. наук,

ст. наук. співробітник фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львів.

E-mail: stan_olena@yahoo.com.