MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
SUMY STATE UNIVERSITY
ACADEMIC AND RESEARCH MEDICAL INSTITUTE

Eastern Ukrainian Medical Journal

2, M. Sumtsova st., Sumy 40007, Ukraine eumj.med.sumdu.edu.ua
e-mail: eumj@med.sumdu.edu.ua ISSN: 2663-5909 (print)/2664-4231 (online)

© 2023 by the author(s).
This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

DOI: https://doi.org/10.21272/eumj.2023;11(2):205-213

ABSTRACT

Igor Noenko
https://orcid.org/0000-0002-0644-2702
Department of Dentistry, National University of Health Care of Ukraine named after P.L. Shupik, Kyiv, Ukraine

Oleksiy Pavlenko
https://orcid.org/0000-0003-2097-4286
Department of Dentistry, National University of Health Care of Ukraine named after P.L. Shupik, Kyiv, Ukraine

Iurii Mochalov
https://orcid.org/0000-0002-5654-1725
Department of Surgical Dentistry and Clinical Subjects, Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

COMPARATIVE STUDY OF POLYMERIZATION DEPTH OF THREE PHOTOCOMPOSITE DENTAL FILLING MATERIALS FOR BULK FILL RESTORATION

The objectives of the study was to compare the depth of polymerization of flowable photocomposite dental restorative materials for bulk fill tooth restorations in laboratory.

Materials and methods. Three flowable bulk fill photocomposite dental restorative materials – "SDR® Posterior Bulk Fill Flowable Base," "Filtek™ Bulk Fill Flowable" and domestic "Jen-Radiance Molar-FW" – were chosen for the study. For each material, 10 black opaque thin-walled polyvinyl chloride molds with a length of 10.00 mm and a diameter of 3.00 mm were prepared. The molds were air-dried from a compressor and fixed in fluoroplastic retainers perpendicular to the metal opaque surface below and subsequently filled with the investigated restorative material along the entire length, in a contact manner, along the wall. After filling, the material was polymerized with an LED photopolymerizer directly in contact with the surface of the light guide for 40 seconds. Subsequently, the material was removed from the forms and the remains of the unpolymerized mass were removed from the surface of the polymerized cylinder of the composite with a metal dental sickle-shaped carrier (scarification test). The length of the polymerized cylinder was measured using an electronic micrometer.

Results. Therefore, the study of the depth of polymerization of flowable bulk fill photocomposites "SDR® Posterior Bulk Fill Flowable Base", "Filtek™ Bulk Fill Flowable" and domestic "Jen-Radiance Molar-FW" showed that signs of polymerization of all three materials were observed in a depth of more than the "declared" four millimeters which may be explained by the improvement of the recipe for the preparation of such materials and the optimization of the transparency of the organic component and inorganic filler, as well as the regular distribution of photoactivators in the mass. "SDR" polymerized to a depth of 7.38 ± 0.17 (M = 7.30) mm, the minimum value was 7.16 mm and the maximum value was 7.71 mm. "Filtek Bulk Fill Flowable" polymerized to a lesser depth – on 6.34 ± 0.14 (M = 6.38) mm, the minimum value was 6.05 mm and the maximum value was 6.55 mm. The domestic analogue "Jen-Radiance Molar-FW" showed even

higher values of polymerization depth – 8.03 ± 0.19 (M = 7.98) mm, the minimum value was equal to 7.75 mm and the maximum value was 8.41 mm. Statistical tests showed probable similarity between "SDR" and "Jen-Radiance Molar-FW" in the depth of polymerization.

Conclusions. All three studied flowable bulk fill photocomposite materials were polymerized to a depth greater than 4.00 mm. Domestic "Jen-Radiance Molar-FW" was similar to "SDR" according to the investigated feature.

Keywords: dentistry, photocomposites, flowable, bulk fill, polymerization.

Corresponding author: *Iurii Mochalov, Department of Surgical Dentistry and Clinical Subjects, Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine*
e-mail: yuriy.mochalov@uzhnu.edu.ua

РЕЗЮМЕ

Ігор Ноєнко
https://orcid.org/0000-0002-0644-2702
Кафедра стоматології, Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, м. Київ, Україна

Олексій Павленко
https://orcid.org/0000-0003-2097-4286
Кафедра стоматології, Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, м. Київ, Україна

Юрій Мочалов
https://orcid.org/0000-0002-5654-1725
Кафедра хірургічної стоматології та клінічних дисциплін, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна

ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЛИБИНИ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ ТРЬОХ ФОТОКОМПОЗИТНИХ СТОМАТОЛОГІЧНИХ ПЛОМБУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТОВСТОШАРОВИХ РЕСТАВРАЦІЙ

Мета дослідження: порівняти в лабораторних умовах глибину полімеризації текучих фотокомпозитних стоматологічних пломбувальних матеріалів для товстошарових реставрацій зубів.

Матеріали та методи. Для дослідження було обрано три текучих bulk fill фотокомпозитних стоматологічних пломбувальних матеріалів – «SDR® Posterior Bulk Fill Flowable Base», «Filtek™ Bulk Fill Flowable» та вітчизняний «Jen-Radiance Molar-FW». Для кожного матеріалу було заготовлено по 10 чорних непрозорих тонкостінних полівінілхлоридних форм довжиною 10,00 мм та діаметром 3,00 мм. Форми було висушено повітрям із компресора та зафіксовано у фторопластових фіксаторах перпендикулярно до металічної непрозорої поверхні знизу, згодом їх було заповнено досліджуваним пломбувальним матеріалом на всю довжину, контактним способом, по стінці. Після заповнення матеріал полімеризували світлодіодним фотополімеризатором безпосередньо в контакті з поверхнею світловода, протягом 40 с. Згодом, матеріал вилучали із форм та видаляли з поверхні заполімеризованого циліндра композиту залишки неполімеризованої маси за допомогою металевої стоматологічної серпоподібної гладилки (скарифікаційний тест). Довжину полімеризованого циліндра виміряли за допомогою електронного мікрометра.

Результати та їх обговорення. Отже, дослідження глибини полімеризації текучих bulk fill фотокомпозитів «SDR® Posterior Bulk Fill Flowable Base», «Filtek™ Bulk Fill Flowable» та вітчизняного «Jen-Radiance Molar-FW» показали, що ознаки полімеризації всіх трьох матеріалів спостерігалися в глибині понад «задекларованих» чотирьох міліметрів, що можна пояснити вдосконаленням самої рецептури приготування таких матеріалів та оптимізації прозорості органічного компонента та неорганічного наповнювача, а також рівномірним розподілом в масі фотоактиваторів. «SDR» полімеризувався на глибину 7,38 ± 0,17 (M = 7,30) мм, мінімальне значення становило 7,16 мм, а максимальне – 7,71 мм. «Filtek Bulk Fill Flowable» полімеризувався на меншу

глибину – в середньому на 6,34 ± 0,14 (M = 6,38) мм, мінімальне значення становило 6,05 мм, а максимальне – 6,55 мм. Вітчизняний аналог «Jen-Radiance Molar-FW», показав навіть вищі значення глибини полімеризації – 8,03 ± 0,19 (M = 7,98) мм, мінімальне значення дорівнювало 7,75 мм, а максимальне – 8,41 мм. Статистичні тести показали вірогідну подібність «SDR» та «Jen-Radiance Molar-FW» за глибиною полімеризації.

Висновки: всі три досліджувані текучі bulk fill фотокомпозитні матеріали полімеризувалися на глибину, вищу за 4,00 мм. Вітчизняний «Jen-Radiance Molar-FW» за досліджуваною ознакою виявився подібним до «SDR».

Ключові слова: стоматологія, фотокомпозити, текучість, товстий шар, полімеризація.

Автор, відповідальний за листування: *Юрій Мочалов, кафедра хірургічної стоматології та клінічних дисциплін, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна*
e-mail: yuriy.mochalov@uzhnu.edu.ua

How to cite / Як цитувати статтю: Noenko I, Pavlenko O, Mochalov Iu. [Comparative study of polymerization depth of three photocomposite dental filling materials for bulk fill restoration]. *East Ukr Med J*. 2023;11(2):205-213

DOI: https://doi.org/10.21272/eumj.2023;11(2):205-213

INTRODUCTION / ВСТУП

Протягом останніх шести десятиліть разом із розвитком фотокомпозитних стоматологічних матеріалів показання до застосовування останніх були максимально розширені та включили в себе відновлення коронкової частини жувальної групи зубів, де традиційно застосовувалася срібна амальгама. Але незважаючи на численні удосконалення техніки пломбування та самих матеріалів, якісне пломбування (реставрація) коронки молярів за допомогою фотокомпозитних матеріалів і досі залишається гідним викликом для практичного лікаря-стоматолога в плані досягнення тривалих успішних результатів лікування. Товстошарові фотокомпозитні пломби (реставрації), або як вони ще називаються в літературі «bulk fill», стали повсякденним явищем у клінічній практиці з огляду на скорочення затрат робочого часу в ході відновлення коронкової частини постійних молярів в клініці, також внесення пломбувального матеріалу єдиним шаром 4,00–5,00 мм товщини, що дозволяє зменшити ризик потрапляння повітря в масу матеріалу та зменшити площу композита, де може відбуватися інгібіція активних центрів неполімеризованих сполук вільним киснем з повітря [1–4].

Створення матеріалів, які здатні полімеризуватися світлом на значну глибину, стало можливим внаслідок удосконалення технології метакрилатних смол, фотоініціаторних систем, неорганічного наповнювача та з розвитком систем контролю якості наповнювачів та їх подрібнення. Такі матеріали були розроблені для відновлення дентину та емалі зуба. Застосування техніки реставрації зубів єдиним або товстим шаром скорочує робочий час лікаря та зменшує ризик впливу реставрацію несприятливих факторів навколишнього середовища (операційного поля). Матеріали для товстошарових реставрацій зубів було розроблено в трьох варіантах – високої в'язкості (паковані), низької в'язкості (текучі) та з подвійним механізмом тверднення [5–7].

Ключовими властивостями матеріалів для товстошарових реставрацій зубів є низька полімеризаційна усадка, збільшена глибина світлової полімеризації та текучість, що забезпечує проникнення у всі зони відпрепарованої порожнини для запобігання утворенню пор та інших дефектів наповнення. Ще одною з переваг bulk fill техніки реставрацій є можливість тотального заповнення порожнини зуба єдиним шаром пломбувального матеріалу від 2,5 до 5,0 мм, що зменшує ризик формування мікропроміжків між шарами реставрації, що окрім зниження пористості пломби збільшує гомогенність всієї реставраційної конструкції. Окремою підгрупою матеріалів bulk fill є вироби, які активуються та пакуються (конденсуються) під впливом ультразвуку [8, 9].

В клінічних умовах на глибину полімеризації фотокомпозитів можуть впливати низка факторів – джерело світлового випромінювання,

інтенсивність, довжина світлової хвилі, розмір наконечника світловода, метод опромінення, хімічний склад органічного матриксу, розподіл та об'єм неорганічного філера, вид та об'єм фотоініціатора, колір матеріалу та ін. Низький рівень полімеризації матеріалу свідчить про наявність великого об'єму вільного мономера, що не прореагував під час полімеризації. За методикою Вікерса та ISO 4049 достатнім вважають рівень полімеризації композита є коли співвідношення рівня мікротвердості матеріалу вглибині та на поверхні становить 80,00% та більше. Включення до складу композита більшого обсягу філера підвищує механічні властивості та мікротвердість матеріалу. Також, полімеризація композита може бути підвищена при включенні частинок філера більшого розміру при збереженні їх прозорості [3, 10–12].

Стосовно bulk fill матеріалів, то встановлена пряма залежність між об'ємом філера в масі матеріалу та рівнем його мікротвердості. Переважна більшість пакованих матеріалів містять 80,0% маси /57,0% об'єму неорганічного компонента, і текучі – 70,5% маси/47,4% об'єму філера. Також варто зазначити, що на мікротвердість полімеризованого матеріалу вид метакрилатної смоли, яка включена до його складу. Наприклад, Bis-GMA та EBPADMA є більш в'язкими, TEGDMA та UDMA є більш текучими. В сучасних умовах до складу органічного матриксу bulk fill матеріалів найчастіше включають смоли Bis-GMA, UDMA, TEGDMA та Bis-EMA. Також продукують матеріали із включенням 1,6-гександіол-диметакрилату (HDDMA), діетилен-гліколь диметакрилату (DEGDMA), біс-акрилойоксиметил, трициклодекан (TCD-DI-HEA) та SDR-уретан диметакрилат (SDR-UDMA) [13–15].

На сьогодні технологія bulk fill матеріалів вдосконалена до такого рівня, що й паковані та текучі матеріали полімеризуються світлом достатньо ефективно на глибину 4,0–5,0 мм, незалежно від рівня їх в'язкості та кольору. Стосовно звичайних фотокомпозитних матеріалів, то кольорові пігменти опакових і темних відтінків можуть обмежувати проникнення світлового потоку, чим знижують глибину полімеризації. Глибина полімеризації від самого початку розробки фотокомпозитних стоматологічних матеріалів належала до критичних якостей виробів, оскільки зберігалася ймовірність недостатньої конверсії мономера в глибині шару. На момент впровадження таких матеріалів в клінічну практику ступінь конверсії вважався основним фактором «виживання» таких пломб та реставрацій. Тому для всіх фотокомпозитних матеріалів важливим є забезпечення їх проникності для світла фотополімеризатора на достатню глибину, оскільки порушення таких процесів різко знижують фізико-механічні та біологічні властивості композитних матеріалів. Неповна полімеризація фотокомпозита може призводити до дифузії мономера та інших компонентів до твердих тканин зуба [3, 16, 17].

Техніка пошарового внесення композитного матеріалу в порожнину зуба має ряд недоліків – такі як проміжки та пори між шарами композита, їх забруднення ротовою рідиною, порушення адгезії між шарами та ін. Стосовно доступності матеріалів bulk fill, то сьогодні на ринку стоматологічних матеріалів України присутні понад їх 10 виробників, серед яких представлено 7 рідкотекучих матеріалів, також один матеріал є вітчизняного виробництва (як пакований, так і текучий). Тому в сучасних умовах залишається актуальним науковим завданням удосконалення полімеризаційних властивостей стоматологічних текучих bulk fill фотокомпозитів, що потребує дослідження процесів та умов ефективної полімеризації таких матеріалів та порівняння властивостей нових і вже відомих виробів.

Мета дослідження – порівняти в лабораторних умовах глибину полімеризації рідкотекучих фотокомпозитних стоматологічних пломбувальних матеріалів для товстошарових реставрацій зубів.

Матеріали та методи

В нашому дослідженні було використано три текучі bulk fill фотокомпозитні пломбувальні матеріали, які на сьогодні застосовуються в клінічній практиці в Україні.

«***SDR® Posterior Bulk Fill Flowable Base»*** (надалі – «SDR») – текучий фотокомпозитний матеріал для товстошарових реставрацій зубів жувальної групи. Виробник – «Dentsply Sirona» (США–Німеччина). Матеріал рекомендовано для відновлення каріозних порожнин I та II класів за Блеком в якості бази реставрації. Також матеріал може бути застосований в якості звичайного реставраційного матеріалу на нежувальних поверхнях зубів, для реставрації кукси зуба та герметизації фісур та ямок зубів. Виробляється в одному відтінку. До складу матеріалу входить барій-алюмо-фторо-боросилікатне скло, стронцій-алюмо-фторосилікатне скло, модифікована смола UDMA, смоли EBPADMA, TEGDMA, камфорохінон, фотоініціатори,

фотостабілізатори, бутил-гідроксил-толуол, діоксид титану та пігменти з оксиду заліза. Об'єм філера матеріалу становить 47,30%, розмір частинок – 0,02–10,00 мкм. Матеріал був одним із перших, який було розроблено для товстошарових реставрацій жувальних зубів, який дозволив змінити клінічні підходи до виконання таких робіт.

«Filtek™ Bulk Fill Flowable» – текучий фотокомпозитний пломбувальний матеріал для виконання товстошарових реставрацій зубів. Виробник – «3M»™ «ESPE»™ (США–Німеччина). Показання до застосування матеріалу є наступні: базовий шар при реставраціях порожнин I та II класів за Блеком, підкладковий матеріал під інші реставраційні матеріали, для герметизації фісур та ямок емалі, формування кукси зуба, мінімально інвазійні реставрації зубів у зонах без механічного навантаження, реставрації порожнин зубів III та V класів за Блеком, відновлення малих дефектів непрямих реставрацій зубів, ремонт композитних й акрилових виробів, відновлення малих дефектів зубної емалі. До складу матеріалу входять смоли BISGMA, UDMA, BISEMA-6, TEGDMA, фторид ітербію, керамічний філер (цирконій-силікат, який присутній в багатьох матеріалах виробника). Кількість філера становить 64,50% маси (42,50% об'єму). Розмір частинок філера – від 0,01 до 3,5 мкм (середній розмір – 0,60 мкм). Матеріал має 4 варіанти відтінків.

«Jen-Radiance Molar-FW» – текучий фотокомпозитний пломбувальний (реставраційний) матеріал для виконання товстошарових реставрацій жувальних зубів. Виробник – ТОВ «Дженденталь–Україна» (Україна). Показаннями для застосовування матеріалу є наступне – в якості базового шару композитного матеріалу при прямих реставраціях I та II класів за Блеком, сендвіч-техніка, відновлення кукси зуба. Виробляється в чотирьох відтінках. До складу матеріалу входить тримодальний рентгеноконтрастний наповнювач з розмірами частинок від 0,01 до 5,00 мкм (M = 0,40 мкм), що забезпечують мінімальну усадку при полімеризації, смоли UDMA, UDMA-еластичний співполімер TEGDMA, камфорохінон, фотоініціатори, фотостабілізатори, світлорозсіювальний нанорозмірний білий пігмент. Наповнення філером матеріалу (масове) становить близько 70,00 %.

Для дослідження для кожного матеріалу («SDR», «Filtek Bulk Fill Flowable» та «Jen-Radiance Molar-FW») було заготовлено по 10 чорних непрозорих тонкостінних полівінілхлоридних форм довжиною 10,00 мм та діаметром 3,00 мм. Форми було висушено повітрям із компресора та зафіксовано у фторопластових фіксаторах перпендикулярно до металічної непрозорої поверхні знизу. Форми було заповнено досліджуваним пломбувальним матеріалом на всю довжину, контактним способом, по стінці. Після заповнення матеріал полімеризували світловим діодним фотополімеризатором «Lumeon GP» (Україна) безпосередньо в контакті з поверхнею світловода, протягом 40 с. Згодом, матеріал вилучали із форм та видаляли з поверхні заполімеризованого циліндра композиту залишки неполімеризованої маси за допомогою металевої стоматологічної серпоподібної гладилки (скарифікаційний тест). Довжину заполімеризованого циліндра вимірювали за допомогою електронного мікрометра «Coolant Proof Micrometer IP65-MX, 0-25mm, RS» (виробництво «Mitutoyo», Японія). Кожне вимірювання проводили тричі із наступним занесенням середнього значення до електронних таблиць. Використана методика відповідає міжнародному стандарту «ISO 4049:2019 – Polymer-based restorative materials». В дослідженні не визначали якість полімеризації та повноту конверсії полімерів в масі матеріалу, визначалося лише механічні ознаки – затвердіння визначеної маси матеріалу шляхом скарифікації [18].

Статистична обробка результатів була виконана із використанням програмних пакетів Microsoft Excel 2016 та BioStat LE 7.6.5, в ході її було використано методи описової та порівняльної статистики (t-тест Стьюдента та ANNOVA), на основі гіпотези про критичне значення вірогідності відмінностей між групами p – 0,05.

Результати дослідження та їх обговорення

Проведені вимірювання показали, що ознаки полімеризації всіх трьох матеріалів спостерігалися вище «задекларованих» чотирьох міліметрів, що можна пояснити вдосконаленням самої рецептури приготування таких матеріалів та оптимізації прозорості органічного компонента та неорганічного наповнювача, а також рівномірним розподілом в масі фотоактиваторів. Таким чином було визначено, що матеріал «SDR» в середньому полімеризувався на глибину 7,38 ± 0,17 (M = 7,30) мм, мінімальне значення становило 7,16 мм, а максимальне – 7,71 мм. Інший подібний матеріал «Filtek Bulk Fill Flowable» полімеризувався на меншу глибину – в середньому на 6,34 ± 0,14 (M = 6,38) мм, мінімальне значення становило 6,05 мм, а максимальне – 6,55 мм (рис. 1).

Рисунок 1 – Процес вимірювання довжини заполімеризованого зразка досліджуваного фотокомпозиту «Filtek Bulk Fill Flowable»

І третій, вітчизняний аналог «Jen-Radiance Molar-FW», показав навіть вищі значення глибини полімеризації – в середньому 8,03 ± 0,19 (M = 7,98) мм, мінімальне значення дорівнювало 7,75 мм, а максимальне – 8,41 мм (табл. 1). Проведені дослідження показали, що вітчизняний текучий bulk fill матеріал в ході випробування демонстрував глибину полімеризації не гірше від імпортних аналогів.

Подальші статистичні тести показали, що матеріали «SDR» (Dentsply) та «Jen-Radiance Molar-FW» за глибиною полімеризації були певною мірою схожими, і що менш наповнений «Filtek Bulk Fill Flowable» полімеризувався на меншу глибину, яка, правда, перевищувала 4,00 мм, як то є необхідним для пломбувальних матеріалів з такої підгрупи (табл. 2).

Таблиця 1 – Результати вимірювання глибини світлової полімеризації текучих bulk fill фотокомпозитних пломбувальних матеріалів, мм

Матеріал	***M ± m***	***Median***	***min***	***max***
SDR	7,38 ± 0,17	7,30	7,16	7,71
Filtek Bulk Fill Flowable	6,34 ± 0,14	6,38	6,05	6,55
Jen-Radiance Molar-FW	8,03 ± 0,19	7,98	7,75	8,41

Модифікації сучасних фотокомпозитних матеріалів для відновлення коронок зубів жувальної групи, які призвели до створення нової підгрупи матеріалів – текучих bulk fill композитів, потребували вдосконалення як органічного компонента, так і наповнювача. Для виробника це є ускладненням та вдосконаленням технології виробництва, що, окрім технологічних процесів, може впливати і на техніку застосування самого матеріалу в клініці. Модифікація наповнювача, шляхом введення до його складу біоорганічного барієвого скла підвищила прозорість маси композита, що збільшили проникність матеріалу для фотополімеризаторів. Тому сьогодні, можна твердити про те, що переважна більшість bulk fill пломбувальних матеріалів можуть накладатися шаром до 5,00 мм. І отримані нами результати підтверджують цю тезу. Демонстровані результати частково збігаються із такими, що були представлені Winsjansen (2017) [19, 20].

Таблиця 2 – Результати статистичних тестів при оцінці значень глибини полімеризації у текучих bulk fill фотокомпозитних пломбувальних матеріалів

Порівняння значень	*t*-критерій за Стьюдентом	*p* Манна–Уїтні	*p* ANOVA	*p* за Фрідманом
SDR/ Filtek Bulk Fill Flowable	< 0,05	0,003	0,34	0,04
SDR/ Jen-Radiance Molar-FW	< 0,05	0,16	0,36	0,04
Filtek Bulk Fill Flowable / Jen-Radiance Molar-FW	< 0,05	0,02	0,10	0,002
Загалом по групі дослідження	-	-	0,20	0,002

Також варто зазначити, що модифікації фотокомпозитів bulk fill відбуваються доволі швидко, і на сьогодні дані щодо клінічного застосування таких матеріалів продовжують збиратися. Ідеального стоматологічного композиту ще не було створено, і значна кількість матеріалів, які успішно впроваджені в клінічну практику, мають ті чи інші незначні недоліки. На користь останньої тези може свідчити явище скорочення «виживання» пломб та реставрацій, виконаних сучасними матеріалами, порівняно із матеріалами, випущеними 10–20 років тому, які володіли гіршими естетичними та ренгеноконтрастними властивостями. Тому відносно сучасних текучих bulk fill фотокомпозитів ми зможемо отримати вірогідні дані про клінічне застосування лише через 7–10 років [21].

Неефективність полімеризації стоматологічних фотокомпозитних матеріалів може призводити до ряду ускладнень, включаючи переломи в товщині та в маргінальній зоні, крайове та поверхневе забарвлення сторонніми пігментами, зниження опірності до зношування конструкції, цитотоксичний вплив та ін. Перелом реставрації (пломби) в товщі є найчастішою причиною порушення «виживання» пломб та реставрацій, особливо при прямих видах робіт, які встановлюються на жувальну групу зубів, і корелює із недосконалою полімеризацією в глибоких зонах препарованої порожнини. Токсичні компоненти із мономера пломбувального матеріалу здатні спричиняти побічні ефекти у пацієнта внаслідок їх проковтування в шлунково-кишковий тракт, хоча зареєстрованих таких реакцій є мізерна кількість. Також локальний цитотоксичний вплив на дентин та клітини пульпи є не лише можливим, а й більш реальним, що доведено експериментами щодо пульпарного впливу та на інші тестові клітинні культури. Встановлено, що bulk fill фотокомпозити не є винятком, і також здатні виділяти токсичний мономер, доведено що рівень виділення останнього досягає цитотоксичних значень при накладанні матеріалу єдиним шаром – понад 4,00 мм, і в цьому напрямку також є простір для вдосконалення матеріалів [3, 22].

CONCLUSIONS / ВИСНОВКИ

Дослідження глибини полімеризації текучих bulk fill фотокомпозитів «SDR® Posterior Bulk Fill Flowable Base», «Filtek™ Bulk Fill Flowable» та вітчизняного «Jen-Radiance Molar-FW» показали, що ознаки полімеризації всіх трьох матеріалів спостерігалися в глибині понад «задекларованих» чотирьох міліметрів, що можна пояснити вдосконаленням самої рецептури приготування таких матеріалів та оптимізації прозорості органічного компонента та неорганічного наповнювача, а також рівномірним розподілом в масі фотоактиваторів. «SDR» полімеризувався на глибину 7,38 ± 0,17 (M = 7,30) мм, мінімальне значення становило 7,16 мм, а максимальне – 7,71 мм. «Filtek Bulk Fill Flowable» полімеризувався на меншу глибину – в середньому на 6,34 ± 0,14 (M = 6,38) мм, мінімальне значення становило 6,05 мм, а максимальне – 6,55 мм. Вітчизняний аналог «Jen-Radiance Molar-FW», показав навіть вищі значення глибини полімеризації – 8,03 ± 0,19 (M = 7,98) мм, мінімальне значення дорівнювало 7,75 мм, а максимальне – 8,41 мм. Статистичні тести показали вірогідну подібність «SDR» та «Jen-Radiance Molar-FW» за глибиною полімеризації.

PROSPECTS FOR FUTURE RESEARCH / ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Стоматологічні текучі bulk fill фотокомпозити є відносно новими медичними виробами, які продовжують удосконалюватися, дослідження їх властивостей в клінічних та лабораторних умовах є перспективним напрямком для стоматології та органічної хімії.

CONFLICT OF INTEREST / КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

FUNDING / ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Відсутні.

AUTHOR CONTRIBUTIONS / ВКЛАД АВТОРІВ

Igor Noenko [B,D,C]
Oleksiy Pavlenko [A,E,F]
Iurii Mochalov [E,B,C,F]

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis,
C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article,
E – Critical review, F – Final approval of the article.

REFERENCES/СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Al-Nabulsi M, Daud A, Yiu C, Omar H, Sauro S, Fawzy A, Daood U. Co-Blend Application Mode of Bulk Fill Composite Resin. *Materials (Basel).* 2019;12(16):2504. doi: 10.3390/ma12162504
2. Mochalov YA, Keian DN, Pasichnyk MA, Kravtsov RV. [The strength of adhesion to hard tissues of non-vital teeth of dental photocomposite filling (restorative) materials in combination with various adhesive systems]. *Georgian Medical News.* 2021; 6(315):61–65.
3. Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. *J Adhes Dent.* 2017;19(2):95-109. doi: 10.3290/j.jad.a38141
4. Duran G, Tisi J, Urzua I. 2021: Alternativas clínicas para el uso de composites Bulk-Fill compactables y fluidos: Reporte de un caso paso a paso. ODOVTOS-Int. *J. Dental Sc.* 2021; 23(1): 31-42. doi: 10.15517/IJDS.V0I0.36150
5. Fugolin APP, Pfeifer CS. New Resins for Dental Composites. *J Dent Res.* 2017; 96(10):1085-1091. doi: 10.1177/0022034517720658
6. Miletic V, Pongprueksa P, De Munck J, Brooks NR, Van Meerbeek B. Curing characteristics of flowable and sculptable bulk-fill composites. *Clin Oral Investig.* 2017; 21(4):1201-1212. doi: 10.1007/s00784-016-1894-0
7. Dieckmann P, Mohn D, Zehnder M, Attin T, Tauböck TT. Light Transmittance and Polymerization of Bulk-Fill Composite Materials Doped with Bioactive Micro-Fillers. *Materials (Basel).* 2019;12(24):4087. doi:10.3390/ma12244087
8. Rodriguez A, Yaman P, Dennison J, Garcia D. Effect of Light-Curing Exposure Time, Shade, and Thickness on the Depth of Cure of Bulk Fill Composites. *Oper Dent.* 2017;42(5):505-513. doi: 10.2341/16-057-L
9. Piola Rizzante FA. *Avaliação das propriedades físico-mecânicas de resinas compostas do tipo Bulk Fill.* Bauru: Universidade de Sao Paulo. 2018. 100 p.
10. Jang JH, Park SH, Hwang IN. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resin composites and highly filled flowable resin. *Oper Dent.* 2015;40(2):172-80. doi: 10.2341/13-307-L
11. Karatas O, Bayindir YZ. A comparison of dentin bond strength and degree of polymerization of bulk-fill and methacrylate-based flowable composites. *J Conserv Dent.* 2018;21(3):285-289. doi: 10.4103/JCD.JCD_160_17
12. Moszner N, Fischer UK, Ganster B, Liska R, Rheinberger V. Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials. *Dent Mater.* 2008 Jul;24(7):901-7. doi: 10.1016/j.dental.2007.11.004
13. AlShaafi MM. Factors affecting polymerization of resin-based composites: A literature review. *Saudi Dent J.* 2017;29(2):48-58. doi: 10.1016/j.sdentj.2017.01.002
14. Aggarwal N, Jain A, Gupta H, Abrol A, Singh C, Rapgay T. The comparative evaluation of depth of cure of bulk-fill composites – An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2019;22(4):371-375. doi:10.4103/JCD.JCD_453_18
15. Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR™ technology. *Dent Mater.* 2011;27(4):348-55. doi: 10.1016/j.dental.2010.11.014
16. Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional

resin based composites. *Clin Oral Investig.* 2014;18(8):1991-2000. doi: 10.1007/s00784-013-1177-y
17. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig.* 2013;17(1):227-35. doi: 10.1007/s00784-012-0702-8
18. ISO 4049:2019. *Dentistry - Polymer-based restorative materials*. Geneva, ISO copyright office, 2019. 30 p.
19. Winsjansen A. *Mechanical properties of bulk fill compared to universal composites*. Tromso: UiT The Arctic University of Norway, 2017. 19 p. Retrieved from: https://munin.uit.no/handle/10037/15325
20. Reis AF, Vestphal M, Amaral RCD, Rodrigues JA, Roulet JF, Roscoe MG. Efficiency of polymerization of bulk-fill composite resins: a systematic review. *Braz Oral Res.* 2017;31(suppl 1):e59. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0059.
21. Novin Rooz M, Yousefi Jordehi A. The Effect of Shade and Thickness on the Depth of Cure of Bulk-Fill Composites with Different Viscosities. *J Dent (Shiraz).* 2020; 21(4):322-329. doi: 10.30476/DENTJODS.2020.83927.1061
22. Ilie N. Resin-Based Bulk-Fill Composites: Tried and Tested, New Trends, and Evaluation Compared to Human Dentin. *Materials (Basel).* 2022;15(22):8095. doi: 10.3390/ma15228095.

Received 13.04.2023
Accepted 11.05.2023

Одержано 13.04.2023
Затверджено до друку 11.05.2023

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS / ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Igor Vyacheslavovych Noenko – MD in Dentistry, PhD student, Department of Dentistry, National University of Health Care of Ukraine named after P.L. Shupik, Pymonenko str., 10A, Kyiv, Ukraine, 04050

Носнко Ігор В'ячеславович – лікар-стоматолог, аспірант кафедри стоматології, Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, вул. Пимоненка, 10а, м. Київ, Україна, 04050

https://orcid.org/0000-0002-0644-2702

Oleksiy Volodymyrovych Pavlenko – Dr.Med.Sc., Head of Department of Dentistry, National University of Health Care of Ukraine named after P.L. Shupik, Pymonenko str., 10A, Kyiv, Ukraine, 04050

Павленко Олексій Володимирович – д.мед.н., професор, завідувач кафедри стоматології Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика. Вул. Пимоненка, 10а. м. Київ, Україна, 04050

Iurii Oleksandrovych Mochalov – Dr.Med.Sc., Professor of Department of Surgical Dentistry and Clinical Subjects, Uzhhorod National University, 16-A, Universitetska Str., Uzhhorod 880015, Ukraine

Мочалов Юрій Олександрович – д.мед.н., професор кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», вул. Університетська, 16-А,Ужгород, 88015, Україна (+380679943773, e-mail: yuriy.mochalov@uzhnu.edu.ua)