

DOI: 10.26693/jmbs03.02.171

УДК 616.314–74:541.64

Удод О. А., Бекузарова Х. І.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ІНТЕНСИВНОСТІ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ ФОТОПОЛІМЕРИЗАТОРА У ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ

Донецький національний медичний університет, Краматорськ, Україна

Kristina.bekuzarova@gmail.com

У статті наведені результати дослідження динаміки інтенсивності світлового потоку світлодіодного фотополімеризатора у рідкотекучих фотокомпозиційних матеріалах та нанофотокомпозиційному матеріалі, зразки якого виготовляли, застосовуючи одночасний вплив світлового потоку на матеріал та адгезивну систему. Максимальні показники інтенсивності світлового потоку, який пройшов крізь зразки емалевих відтінків товщиною 1,0 мм і 2,0 мм, були зареєстровані щодо зміцненого рідкотекучого фотокомпозита та нанофотокомпозиційного матеріалу, зразки якого полімеризували одночасно з адгезивною системою. Мінімальний показник інтенсивності за таких самих параметрів зразків опаківих відтінків був встановлений щодо рідкотекучого фотокомпозиційного матеріалу.

**Ключові слова:** світлодіодний фотополімеризатор, світловий потік, інтенсивність, рідкотекучі фотокомпозиційні матеріали.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дана робота є фрагментом НДР кафедри стоматології №1 Донецького національного медичного університету МОЗ України «Оптимізація сучасних підходів до діагностики, лікування та реабілітації пацієнтів з захворюваннями органів порожнини рота та щелепно-лицевої області», № держ. реєстрації 0116U004055.

**Вступ.** Відновлювальні матеріали світлового твердіння та пов'язані з ними технології відновлення анатомо-функціональної та естетичної цілісності зубів широко увійшли у повсякденну практику стоматологічних лікувальних закладів, внаслідок чого користуються значним попитом на сучасному стоматологічному ринку [1, 2, 9]. В результаті постійної роботи фірм-виробників над удосконаленням складу з'являються інноваційні відновлювальні матеріали з оптимізованими властивостями, які мають універсальне або достатньо обмежене спрямування для застосування [3, 4, 10]. До останніх слід віднести, наприклад, рідкотекучі фотокомпозити, які останнім часом нерідко використовують

для створення так званого «суперадаптивного» шару у разі відновлення фронтальних та бічних зубів з великими за обсягами каріозними ураженнями, а також для герметизації фісур з метою профілактики карієсу, пломбування невеликих каріозних порожнин на жувальних поверхнях та у пришийкових ділянках, у випадку застосування «тунельного» препарування для відновлення контактних поверхонь тощо. Такі матеріали застосовують також і для пломбування некаріозних уражень зубів, розповсюдженість яких останніми роками зростає [2]. У той же час, рекомендації з використання пропонувані виробниками відновлювальних матеріалів світлового твердіння іноді носять достатньо загальний характер, тому певну цікавість представляють лабораторні дослідження, які уточнюють та доповнюють фізико-механічні та оптичні характеристики і певні технологічні алгоритми щодо цих матеріалів, розширюючи тим самим можливість та перспективи їх практичного застосування. Зокрема, це стосується деяких параметрів світлового впливу на рідкотекучі фотокомпозиційні матеріали для досягнення їх твердіння.

Добре відомо, що світловий потік фотополімеризатора з будь-яким джерелом світла втрачає свою інтенсивність, проходячи крізь емаль, дентин або шар відновлювальних матеріалів, які твердіють під впливом світла. Але якщо закономірності втрат світлового потоку галогенових та світлодіодних фотополімеризаторів у твердих тканинах зубів, у певних фотокомпозиційних матеріалах, склоіономерних цементах і компомерах досить добре вивчені [5, 6, 7], то щодо рідкотекучих фотокомпозитів та деяких інших нових матеріалів за умови використання світлодіодних фотополімеризаторів з різною інтенсивністю цього сказати не можна.

**Метою даної роботи** було дослідження динаміки інтенсивності світлового потоку світлодіодного фотополімеризатора у зразках рідкотекучих фотокомпозиційних матеріалів різної товщини.

**Матеріали і методи дослідження.** У ході лабораторного дослідження за допомогою роз'ємної

форми було виготовлено 80 зразків рідкотекучих фотокомпозиційних матеріалів Filtek Ultimate Flowable, 3M ESPE (емалевий відтінок A2, опаковий відтінок A3), Filtek Bulk Fill Flowable, 3M ESPE (емалевий відтінок A2), Revolution Flowable, Kerr (емалевий відтінок A2, опаковий відтінок універсальний B4), SDR, Dentsply (універсальний відтінок), а також нанофотокомпозиційного матеріалу Filtek Ultimate, 3M ESPE (емалевий відтінок A2, опаковий відтінок Bоду A3). Лабораторні зразки останнього матеріалу виготовляли, застосовуючи одночасний вплив світлового потоку світлодіодного фотополімеризатора на шар матеріалу та адгезивну систему.

Зразки фотокомпозиційних матеріалів для лабораторного дослідження виготовляли за допомогою спеціального пристрою, зокрема, роз'ємної форми, яка складається з двох пластин органічного скла розміром 100,0 мм x 60,0 мм x 3,0 мм. Перша пластина мала 10 перфорованих отворів діаметром 4,0 мм, на стінки цих отворів за периметром було нанесено розмітку за висотою з кроком 1,0 мм, у другій пластині отворів не було, вона з'єднувалася з першою за допомогою вертикально розташованих гвинтів. Таким чином, було отримано 10 комірок, в які вміщували порції досліджуваних фотокомпозиційних матеріалів, після чого їх полімеризували світловим потоком світлодіодного фотополімеризатора певної інтенсивності. Після світлового впливу розкручували гвинти, які фіксували пластини, витягували з комірок зразки матеріалів, що затверділи. Для отримання різної товщини зразки матеріалів шліфували за допомогою дисків різного ступеня абразивності, при цьому постійно контролювали їх товщину, використовуючи штангенциркуль. Потім ці зразки полірували за допомогою полірувальної системи з водяним охолодженням. Всього було виготовлено по 10 зразків кожного з відтінків досліджуваних матеріалів товщиною 2,0 мм. Вивчали зразки спочатку саме такої товщини, потім зразки шліфували та досліджували зразки товщиною 1,0 мм.

Втрати інтенсивності світлового потоку світлодіодного фотополімеризатора з вихідною інтенсивністю 1000 мВт/см<sup>2</sup> у зразках фотокомпозиційних матеріалів вивчали за допомогою експериментальної лабораторної установки [6, 7]. Вона складається з оптичної лави, на якій розташований випромінюючий вузол, скловолоконного світловода, стабілізованого джерела живлення, вимірювальної комірки, фотоприймача, вимірювача середньої потужності та енергії випромінювання. Сфокусований пучок світла від світловода надходив у вимірювальну комірку з отвором вхідної діафрагми діаметром 1,5 мм. Вимірювальну комірку закріплювали у вхідному отворі фотоприймача вимірювача. При цьому отвір вимірювальної комірки, в яку вміщували досліджуваний зразок, був розташований перпендикулярно до поздовжньої осі цієї комірки. Для тарування вимірювальної системи використовували

ли набір нейтральних світлофільтрів, який можливо застосовувати для поступової зміни інтенсивності світлового потоку від будь-якого джерела без зміни його спектрального складу.

За відсутності зразка у вимірювальній комірці реєстрували вихідний рівень інтенсивності світлового потоку фотополімеризатора. Потім у комірку по черзі вміщували досліджувані зразки матеріалів і вимірювали інтенсивність світлового потоку, що пройшов крізь них. Результати представляли у відносних величинах, зокрема, у відсотках від вихідних показників.

#### Результати дослідження та їх обговорення.

У результаті дослідження встановлено, що крізь зразки рідкотекучого нанофотокомпозиційного матеріалу Filtek Ultimate Flowable, 3M ESPE, емалевого відтінку A2, за їх товщини 1,0 мм пройшло 73,40 ± 1,87% від вихідної інтенсивності світлового потоку світлодіодного фотополімеризатора, яка дорівнювала 1000 мВт/см<sup>2</sup>. Крізь зразки цього матеріалу, але зміцненого його аналога, Filtek bul kfill Flowable, 3M ESPE, емалевого відтінку A2, пройшов майже такий самий світловий потік – 75,20 ± 1,25% (p > 0,05). Ці показники не відрізнялися від зареєстрованого у зразках рідкотекучого фотокомпозиційного матеріалу Revolution Flowable, Kerr, такого ж емалевого відтінку A2 згаданої товщини, – 76,30 ± 1,32% (p > 0,05). Щодо зразків інших досліджуваних матеріалів, а саме, SDR, Dentsply, універсального відтінку, та нанофотокомпозиційного матеріалу Filtek Ultimate, 3M ESPE, емалевого відтінку A2, то за їх товщини 1,0 мм інтенсивність світлового потоку, який пройшов крізь них, була статистично значуще вищою – 82,50 ± 1,15% та 81,80 ± 0,97%, відповідно (p < 0,05), при цьому між собою останні наведені показники практично не відрізнялися (p > 0,05).

Вивчення динаміки інтенсивності світлового потоку світлодіодного фотополімеризатора у зразках товщиною 1,0 мм трьох із загальної кількості досліджуваних фотокомпозиційних матеріалів, що були обрані та які мали опакові відтінки, показало, що у зразках матеріалів Filtek Ultimate Flowable, 3M ESPE, та Revolution Flowable, Kerr, опакових відтінків, відповідно, A3 та B4, інтенсивність світлового потоку, який пройшов крізь них, була майже однаковою та дорівнювала 62,60 ± 0,95% та 61,15 ± 1,55% від вихідної (p > 0,05). Показник інтенсивності світлового потоку після проходження крізь зразки нанофотокомпозиційного матеріалу Filtek Ultimate, 3M ESPE, опакового відтінку A3, був статистично значуще вищим – 71,80 ± 1,20% (p < 0,05).

У ході подальшого дослідження інтенсивності світлового потоку у зразках матеріалів товщиною 2,0 мм встановлено, що серед зразків емалевих відтінків A2 показники інтенсивності щодо матеріалів Filtek Ultimate, 3M ESPE, та Revolution Flowable, Kerr, знов майже не відрізнялися один від одного,

складаючи, відповідно,  $60,95 \pm 1,10\%$  та  $61,70 \pm 0,98\%$  ( $p > 0,05$ ). Від них, як і у попередньому фрагменті, статистично значуще не відрізнявся показник інтенсивності світлового потоку, який пройшов крізь зразки зазначеної товщини матеріалу Filtek Bulk Fill Flowable, 3M ESPE, такого ж емалевого відтінку A2, –  $63,40 \pm 1,34\%$  ( $p > 0,05$ ). Статистично значуще ( $p < 0,05$ ) вищою інтенсивність світлового потоку була у дослідженні динаміки світла щодо зразків матеріалів SDR, Dentsply, універсального відтінку, та Filtek Ultimate, 3M ESPE, емалевого відтінку A2, показники якої склали, відповідно,  $70,10 \pm 0,95\%$  та  $72,90 \pm 0,82\%$ , між собою згадані показники інтенсивності відрізнялися також статистично значуще ( $p < 0,05$ ).

Щодо дослідження зразків відновлювальних матеріалів опаківих відтінків, то за тієї ж товщини крізь зразки матеріалів Filtek Ultimate Flowable, 3M ESPE, опаківих відтінку A3, та Revolution Flowable, Kerr, опаківих відтінку B4, пройшов світловий потік мінімальної, загалом, у дослідженні інтенсивності, показники якої склали, відповідно,  $50,80 \pm 1,35\%$  та  $52,10 \pm 0,98\%$ , між собою показники майже не відрізнялися ( $p > 0,05$ ). Статистично значуще ( $p < 0,05$ ) найвищим у дослідженні опаківих відтінків був показник інтенсивності світлового потоку, що пройшов крізь зразки нанофотокомпозиційного матеріалу Filtek Ultimate, 3M ESPE, опаківих відтінку A3, –  $58,60 \pm 0,92\%$ .

Таким чином, за вихідної інтенсивності світлового потоку світлодіодного фотополімеризатора  $1000 \text{ мВт/см}^2$  максимальні показники інтенсивності світлового потоку, який пройшов крізь зразки досліджуваних відновлювальних матеріалів емалевих відтінків товщиною як  $1,0 \text{ мм}$ , так і  $2,0 \text{ мм}$ , був зареєстрований щодо зміцненого рідкотекучого фотокомпозиційного матеріалу SDR, Dentsply, та нанофотокомпозиційного матеріалу Filtek Ultimate, 3M ESPE, зразки якого полімеризували одночасно з адгезивною системою. Мінімальний показник інтенсивності світлового потоку за таких самих параметрів товщини був встановлений у зразках рідкотекучого фотокомпозиційного матеріалу Filtek Ultimate

Flowable, 3M ESPE, емалевого відтінку, до якого дуже близькими були і показники інтенсивності щодо зразків двох інших рідкотекучих фотокомпозиційних матеріалів, зокрема, Filtek bulkfill Flowable, 3M ESPE, та Revolution Flowable, Kerr. Також найнижчі показники інтенсивності світлового потоку після проходження крізь зразки, але вже опаківих відтінку, були визначені у зразках обох параметрів товщини знов того ж рідкотекучого фотокомпозиційного матеріалу Filtek Ultimate Flowable, 3M ESPE. Найвищою інтенсивність світлового потоку була у разі дослідження зразків нанофотокомпозиційного матеріалу Filtek Ultimate, 3M ESPE, опаківих відтінку, твердіння яких під впливом світлового потоку проводили одночасно з адгезивною системою.

**Висновки.** Отже, на підставі результатів дослідження можна вважати, що на динаміку інтенсивності світлового потоку світлодіодного фотополімеризатора у зразках рідкотекучих фотокомпозиційних матеріалів різних відтінків впливають, перш за все, чинники опаківості та ступеня наповненості, а також розмір часток наповнювача у складі фотокомпозиційного матеріалу. З результатів дослідження випливає також, що за умови товщини шару рідкотекучого фотокомпозиційного матеріалу емалевого відтінку не більше  $2,0 \text{ мм}$  цілком можливе використання для його твердіння світлового потоку світлодіодного фотополімеризатора інтенсивністю  $1000 \text{ мВт/см}^2$ , але у разі застосування матеріалу опаківих відтінку слід обирати фотополімеризатор з більш високою інтенсивністю світлового потоку або ж надати перевагу пошаровому внесенню матеріалу з товщиною кожного шару до  $1,0 \text{ мм}$ .

**Перспективи подальших досліджень.** У подальшому плануються лабораторні дослідження, у ході яких буде визначено технологічні умови застосування рідкотекучих фотокомпозиційних матеріалів для забезпечення досягнення їх оптимальних фізико-механічних характеристик, а також режими світлового впливу на них з метою повноцінного твердіння у разі самостійного використання цих матеріалів або у сполученні з іншими відновлювальними матеріалами.

## References

1. Borisenko AV, Nespryadko VP, Borisenko DA. *Kompozitsionnye plombirovochnye i oblitsovochnye materialy*. K: VSI «Meditsina», 2015. 320 s. [Russian].
2. Nikolaev AI, Tsepov LM. *Prakticheskaya terapevticheskaya stomatologiya: ucheb posobie*. 9-e izd. M: MEDpress-inform, 2017. 928 s. [Russian].
3. Plyatt Kh. Kompozity – vchera i segodnya. Ch. 2: Nanotekhnologiya – innovatsiya v konkretnom prilozhenii. *Novoe v stomatologii*. 2008; 6: 20-2. [Russian].
4. Sokolova II, German SI, Biryukova MM. Klinichna efektyvnist vidnovlennya bichnikh zubiv vitchiznyanim kompozitnim materialom za umov vikoristannya riznikh tekhnik plombuvannya. *Svit meditsini ta biologiyi*. 2016; 2 (56): 82-5. [Ukrainian].
5. Udod AA, Moroz AB. Izmerenie intensivnosti svetovogo potoka pri prokhozhdennii ego cherez obrazets tverdykh tkaney zuba. *Visnik stomatologiyi*. 2000; 4: 14-7. [Russian].
6. Udod OA, Dramaretska SI. Vtrati intensivnosti svitloвого potoku svitlodiodnogo fotopolimerizatora v sklovolokonnikh armuyuchikh elementakh. *Visnik problem biologiyi i meditsini*. 2017; 1 (135): 376-9. [Ukrainian].
7. Udod OA, Gadzhyyeva IM, Moroz GB. Laboratorne doslidzhennya vtrat intensivnosti svitloвого potoku svitlodiodnikh fotopolimerizatoriv u kompomeri ta skloionomernomu tsementi. *Visnik problem biologiyi i meditsini*. 2015; 1 (117): 315-8. [Ukrainian].

8. Sharova TN. Opyt ispolzovaniya Filtek Bulk Fill (3M ESPE) - preimushchestva nizkomodulnykh kompozitov, vnosi-mykh bolshoy portsyey. *Stomatologiya*. 2014; 93 (3): 21-2. [Russian].
9. Strydom C. Dental curing lights maintenance of visible light curing units. *SADJ*. 2002; 57 (6): 227-33. PMID: 12229078.
10. Rosin M, Urban AD, Gärtner C, Bernhardt O, Splieth C, Meyer G. Polymerization shrinkage-strain and microleakage in dentin-bordered cavities of chemically and light-cured restorative materials. *Dent Mater*. 2002; 18 (7): 521-8. PMID: 12191665. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(01\)00078-1](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(01)00078-1).

УДК 616.314 – 74:541.64

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТОВОГО ПОТОКА ФОТОПОЛИМЕРИЗАТОРА В ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Удод А. А., Бекузарова К. И.

**Резюме.** В статье приведены результаты исследования динамики интенсивности светового потока светодиодного фотополимеризатора в жидкотекучих фотокомпозиционных материалах и нанофотокомпозиционном материале, образцы которого изготавливали, используя одновременное воздействие светового потока на материал и адгезивную систему. Максимальные показатели интенсивности светового потока, прошедшего через образцы эмалевых оттенков толщиной 1,0 мм и 2,0 мм, были зарегистрированы в упрочненном жидкотекучем фотокомposite и нанофотокомпозиционном материале, образцы которого полимеризовали одновременно с адгезивной системой. Минимальный показатель интенсивности при таких же параметрах образцов опаловых оттенков были установлены в образцах жидкотекучего фотокомпозиционного материала.

**Ключевые слова:** светодиодный фотополимеризатор, световой поток, интенсивность, жидкотекучие фотокомпозиционные материалы.

UDC 616.314 - 74: 541.64

### Investigating the Intensity Dynamics of the Photopolymerizer Light Flux in Restorative Materials

Udod O. A., Bekuzarova H. I.

**Abstract.** On the modern dental market, innovative restorative materials with optimized properties that have universal or limited application are constantly appearing. The latter should include fluid photocomposit, which are often used to create a "super adaptive" layer in restorations, for sealing fissures, sealing small carious cavities, in cases of a "tunnel" preparation for the restoration of contact surfaces, and the like. But the peculiarities of light influence for solidification of these materials in terms of regime or intensity of light flow are not sufficiently studied.

*The purpose of this work* was to study the intensity dynamics of the light flux of the LED photopolymerizer in samples of fluid photocomposit materials of different thicknesses.

*Materials and methods.* In the course of laboratory research, we made up samples of fluid photocomposit materials using a split-shaped form. We also used nanophotocomposit material, which solidified at the expense of the simultaneous influence of the light flux on the material and the adhesive system, were made by means of a split-shaped form. A total of 160 samples of enamel and opaque shades with thickness of 1.0 mm and 2.0 mm were investigated. The loss in the intensity of the light flux of the LED photopolymerizer with the initial intensity of 1000 mW /cm<sup>2</sup> in the samples were studied using an experimental setup. The results were presented as a percentage of the initial level.

*Results and discussion.* The maximum intensity of the light flux passing through samples of materials of 1.0 mm and 2.0 mm thickness enamel shades was recorded for the strengthened SDR, Dentsply, and the filtrate composit material Filtek Ultimate, 3M ESPE. The samples of these materials were polymerized simultaneously with the adhesive system. The minimum intensity indices for the same parameters were set in samples of Filtek Ultimate Flowable, 3M ESPE enamel shade.

As for opaque shades, the lowest indicators of the light flux intensity were determined in samples of both thickness parameters of the same liquid material. The significantly higher intensity of the light flux, compared with the previous one, was in studying the samples of nanotech composit material Filtek Ultimate, 3M ESPE, opaque shade, hardening of which was carried out simultaneously with the adhesive system.

*Conclusions.* The dynamics of the light flux intensity of the LED photopolymerizer in samples of fluid photocomposit materials were influenced by opacity, degree of filling, and the filler particles size in the material. If the thickness of a liquid-cooled photocomposition material layer of enamel shades was no more than 2.0 mm, it was possible to use the light flux of LED photopolymerizer at intensity of 1000 mW /cm<sup>2</sup> for its hardening. However, in the case of opaque shade application, a photopolymerizer with a higher intensity of light flux should be chosen. We can also apply layer-laying material with each layer thickness up to 1.0 mm.

**Keywords:** LED photopolymerizer, light flux, intensity, fluid photocomposit materials.

Стаття надійшла 12.01.2018 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування