

УДК 616.314-074-089.27

*О.А. Удод, Х.І. Бекузарова***ЛАБОРАТОРНЕ ВИВЧЕННЯ ГЛИБИНИ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ ФОТОКОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Донецький національний медичний університет, м. Краматорськ

Актуальність

Відновлення фронтальних і бічних зубів, які уражені найчастіше карієсом, у наш час належить до інноваційних напрямів сучасної стоматології. Реконструкція анатомічної форми зубів зазвичай досить складна, вимагає багатого досвіду, знань і передбачає насамперед точний вибір відновлювального матеріалу і технології для її проведення [1;3;4]. З появою сучасних удосконалених відновлювальних матеріалів процес реставрації зубів стає ще складнішим, але забезпечує бездоганний анатомо-функціональний та естетичний результат. У фотокомпозитах нового покоління є низка беззаперечних переваг (збільшена механічна міцність, підвищена стійкість до стирання, твердість, стабільність кольору), і це дозволяє відновити анатомічну форму зубів та функціональні характеристики навіть за значного ступеня ураження. Однак після реставрації нерідко виникають і ускладнення, які пов'язують із полімеризаційним стресом та усадкою фотокомпозитних матеріалів, невідповідністю коефіцієнтів об'ємного розширення матеріалів і твердих тканин зубів, явищем мікропідтікання тощо [5-7]. Тому вибір матеріалів і технології відновлення зубів має бути обґрунтованим і оптимальним.

З відомих натеper технологій прямої реставрації найпопулярнішими стали технологія «пошарової реставрації» та «флюо-техніка». Відповідно до першої під час відновлення застосовують наповнені фотокомпозити з певною товщиною кожного шару, яка визначена рекомендаціями фірми-виробника, та послідовною пошаровою світловою полімеризацією, а «флюо-техніка» передбачає під час відновлення використання в ролі першого тонкого шару рідкотекучих фотокомпозитних матеріалів, які поряд з очевидними недоліками (недостатня механічна міцність і надмірна усадка) мають високу еластичність, що дозволяє знизити полімеризаційне напруження [2;8;9]. Останнім часом за рахунок удосконалення матеріалів, появи високонаповнених текучих фотокомпозитів, які не поступаються за міцністю й естетикою традиційним, стало можливим застосовувати перший шар зміцненого рідкотекучого фотокомпозиту товщиною до 4 мм [10;15]. Однак зі збільшенням товщини шару будь-якого фотокомпозитного матеріалу неодмінно виникає питання про ступінь, якість і глибину полімеризації, яку ініціює світловий потік фотополімеризатора із забезпеченням певної інтенсивності його [8;12;13]. Добре відомо, що за незавершеної полімеризації утворюються залишкові непрореаговані мономерні, які можуть викликати алергічні реакції, активувати ріст бактерій навколо реставрації та, як наслідок, призводити до розвитку ускладнень карієсу. Діючи як пластифікатор, вони зменшують механічну міцність фотокомпозитного відновлення і, навпаки, стимулюють процеси його набухання, а також ведуть до зміни кольору [9;11;14]. Залишаються не до кінця встановленими вимоги до оптимальної інтенсивності світлового потоку і режиму світлового впливу на рідкотекучі фотокомпозитні ма-

теріали. Усе це зумовлює актуальність усебічного вивчення різноманітних характеристик та особливостей процесів твердіння рідкотекучих фотокомпозитних матеріалів у порівнянні з традиційними, в тому числі глибини їхньої полімеризації.

Метою нашої роботи було вивчення глибини полімеризації фотокомпозитних матеріалів за різних режимів світлового впливу в лабораторних умовах.

Матеріали і методи дослідження

У процесі лабораторного дослідження вивчали глибину полімеризації рідкотекучих фотокомпозитних матеріалів «Filtek Ultimate Flowable» (емалевий відтінок А2) («3М ESPE»), «Filtek Bulk Fill Flowable» (емалевий відтінок А2) («3М ESPE»), «Revolution Flowable» (емалевий відтінок А2) («Kerr»), «SDR» (універсальний відтінок) («Dentsply»), а також нанофотокомпозитного матеріалу «Filtek Ultimate» (емалевий відтінок А2) («3М ESPE»). Щодо останнього, то дослідження проводили також і у варіанті нанесення на стовпчик матеріалу рекомендованої фірмою-виробником відповідної адгезивної системи, світловий вплив на яку здійснювали одночасно з полімеризацією самого матеріалу. Загалом для дослідження було виготовлено 120 зразків згаданих матеріалів.

Глибину полімеризації досліджуваних фотокомпозитних матеріалів визначали методом ISO 4049. Порцію матеріалу вносили в спеціальну форму з отвором діаметром 4 мм та впливали на неї світловим потоком світлодіодного фотополімеризатора з інтенсивністю 1000 мВт/см² у двох режимах: за «м'яким стартом» та прямим безпосереднім впливом постійної високої інтенсивності. Далі з форми витягували зразок фотокомпозитного матеріалу, за допомогою шпателя відокремлювали шар матеріалу, який не затвердів, вимірювали довжину зразка, що затвердів, потім ділили цей показник на 2 і приймали отримане значення за глибину полімеризації досліджуваного матеріалу.

Результати та їх обговорення

За результатами проведеного лабораторного дослідження встановлено, що найнижчий показник глибини полімеризації був у зразках рідкотекучого фотокомпозитного матеріалу «Filtek Ultimate Flowable» (емалевий відтінок А2) («3М ESPE»), в разі застосування для його твердіння світлового потоку світлодіодного фотополімеризатора в режимі «м'якого старту» він складав 1,39±0,16 мм. Якщо ж цей матеріал затвердів під впливом прямого опромінення світловим потоком із постійною високою інтенсивністю, то глибина його полімеризації була статистично значуще ($p<0,05$) вищою більше ніж на 1,0 мм – 2,43±0,18 мм. Далі за зростанням ішли показники глибини полімеризації рідкотекучого фотокомпозитного матеріалу «Revolution Flowable» (емалевий відтінок А2) («Kerr»), відповідні значення яких складали 2,08±0,12 мм і 2,73±0,14 мм (між собою вони відрізнялися статистично значуще, $p<0,05$).

Два наступні показники, які стосувалися глибини

полімеризації рідкотекучого фотокомпозитного матеріалу «Filtek Bulk Fill Flowable» (емалевий відтінок A2) («3M ESPE») і нанофотокомпозитного матеріалу «Filtek Ultimate» (емалевий відтінок A2) («3M ESPE») у поєднанні з відповідною адгезивною системою, що тверділи під дією світлового потоку в режимі «м'якого старту», були майже однаковими – $2,55 \pm 0,17$ мм і $2,63 \pm 0,11$ мм відповідно ($p > 0,05$). Такі ж показники відносно зразків тих самих матеріалів і відтінків, але які тверділи під впливом світлового потоку постійної високої інтенсивності, також не відрізнялися між собою на статистично значущому рівні ($p > 0,05$), вони склали відповідно $3,22 \pm 0,12$ мм і $3,41 \pm 0,19$ мм. Останній показник був достатньо близький до значення глибини полімеризації, отриманого в дослідженні рідкотекучого фотокомпозитного матеріалу «SDR» (універсальний відтінок) («Dentsply»), який підлягав опроміненню світловим потоком також високої інтенсивності, – $3,79 \pm 0,17$ мм ($p > 0,05$). За умови світлової дії в режимі «м'якого старту» показник глибини полімеризації цього матеріалу був, зрозуміло, нижчим за згаданий, однак статистично значуще ($p < 0,05$) відрізнявся від усіх показників інших матеріалів, що тверділи за тієї ж умови, зокрема складав $3,17 \pm 0,13$ мм.

Найвищі показники глибини полімеризації і за режиму «м'якого старту», і за дії постійної високої інтенсивності світлового потоку світлодіодного фотополімеризатора були зареєстровані під час дослідження зразків нанофотокомпозитного матеріалу «Filtek Ultimate» (емалевий відтінок A2) («3M ESPE»), які тверділи без застосування адгезивної системи, – $3,84 \pm 0,10$ мм і $4,35 \pm 0,11$ мм відповідно. Вони були статистично значуще ($p < 0,05$) вищими за всі відповідні щодо режиму світлового впливу показники. Між собою ці показники також відрізнялися на статистично значущому рівні ($p < 0,05$) на користь постійної високої інтенсивності світлового потоку.

Отже, застосування світлового потоку світлодіодного фотополімеризатора в режимі «м'якого старту» для твердіння рідкотекучих фотокомпозитних матеріалів систематично призводить до більш низьких показників глибини полімеризації цих матеріалів, ніж за застосування для їх твердіння світлового потоку постійної високої інтенсивності. У всіх випадках порівняння відповідних показників вони відрізнялися статистично значуще ($p < 0,05$). Така ж закономірність була встановлена і щодо зразків нанофотокомпозитного матеріалу, що тверділи в поєднанні з відповідною адгезивною системою і без неї. Але якщо порівнювати показники глибини полімеризації зразків цього матеріалу, що тверділи разом з адгезивною системою та без неї під впливом однакової світлової дії, то і в цих випадках відмінності мали статистично значущий характер ($p < 0,05$). У той же час, глибина полімеризації нанофотокомпозитного матеріалу в разі одночасного твердіння з адгезивною системою достатньо близька до такої рідкотекучих фотокомпозитів за обох режимів світлового впливу.

Висновки

Отже, отримані в дослідженні результати свідчать про доцільність у разі необхідності збільшення товщини шару рідкотекучих фотокомпозитних матеріалів за застосування для їх твердіння світлового потоку постійної високої інтенсивності. Щодо одночасного твердіння нанофотокомпозитного матеріалу й адгезивної системи під світловим впливом, то, зважаючи на результати дослідження, можна припустити, що деякі властивості цього матеріалу, отримані таким

чином, наближаються до відповідних характеристик рідкотекучих фотокомпозитів.

Перспективи подальших досліджень

Плануємо лабораторні дослідження, за допомогою яких будуть визначені деякі фізико-механічні параметри сучасних рідкотекучих фотокомпозитних матеріалів за умов використання певних режимів світлового впливу на них для забезпечення досягнення їхніх оптимальних значень із метою визначення обґрунтованого застосування цих матеріалів у різних клінічних ситуаціях.

Література

1. Хиора Ж. П. Новое поколение композитов и улучшение качества реставраций боковых зубов / Ж. П. Хиора // Институт стоматологии. – 2008. – № 1 (38). – С. 138–139.
2. Фирсова И. В. Сравнительный анализ композитной реставрации в терапевтической стоматологии / И. В. Фирсова, Ю. А. Македонова, Е. Б. Марымова // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2017. – № 1. – С. 34–37.
3. Борисенко А. В. Композиционные пломбирочные и облицовочные материалы / А. В. Борисенко, В. П. Неспрядько, Д. А. Борисенко // Медицина. – К.: ВСИ «Медицина», 2015. – 320 с.
4. Николаев А. И. Практическая терапевтическая стоматология : учеб. пособие / А. И. Николаев, Л. М. Цепов. – [9-е изд.]. – М.: МЕДпресс-информ, 2017. – 928 с.
5. Радлинский С. Полимеризационный стресс в объемных реставрациях / С. Радлинский // Современная стоматология. – 2010. – № 4. – С. 34–39.
6. Кондит М. Улучшение полимеризации композитов / М. Кондит, К. Лейнфельдер // ДентАрт. – 2007. – № 2. – С. 31–34.
7. Романенко И. Г. Сравнительная характеристика объемной усадки композиционных пломбирочных материалов светового отверждения / И. Г. Романенко, А. И. Василюк, С. Ю. Рыбалко // Стоматолог. – 2011. – № 7–8. – С. 16–18.
8. Макеев В. Ф. Відновлення міжзубного контактного пункту у бічних зубах при реставрації / В. Ф. Макеев, Л. С. Лещук, П. В. Щербя // Новини стоматології. – 2013. – № 3. – С. 44–49.
9. Блохина А. Варианты решения актуальной проблемы восстановления полостей в боковых зубах / А. Блохина // ДентАрт. – 2012. – № 1. – С. 52–57.
10. Шарова Т. Н. Опыт использования Filtek Bulk Fill (3M ESPE) - преимущества низкомолекулярных композитов, вносимых большой порцией / Т. Н. Шарова // Стоматология. – 2014. – №93(3). – С. 21–22.
11. Адамчик А. А. Оценка полимеризации композита / А. А. Адамчик // Кубанский научный медицинский вестник. – 2015. – № 1(150). – С. 7–11.
12. The effect of ultra-fast photopolymerisation of experimental composites on shrinkage stress, network formation and pulpal temperature rise / L. D. Randolph, W. M. Palin, D. C. Watts [et al.] // Dent Mater J. – 2014. – № 30 (11). – P. 9–280.
13. Polymerization Shrinkage Stress Kinetics and Related Properties of Bulk-fill Resin Composites // Operative Dentistry: July/August. – 2014. – Vol. 39, № 4. – P. 374–382.
14. Repair bond strength of microhybrid, nanohybrid and nanofilled resin composites: effect of substrate resin type, surface conditioning and ageing / M. Özcan, P. H. Corazza, S. M. Marrocho [et al.] // Clin. Oral Investig. – 2013. – № 17 (7). – P. 8–1751.
15. Bulk-fill resin composites: polymerization properties and extended light curing / J. Zorzin, E. Maier, S. Harre [et al.] // Dent Mater. J. – 2015. – № 31 (1). – P. 301–293.

Стаття надійшла
20.02.2018 р.

Резюме

Наведені результати вивчення глибини полімеризації різних фотокомпозитних матеріалів, у тому числі рідкотекучих, зразки яких тверділи під впливом світлового потоку світлодіодного фотополімеризатора у двох режимах: за «м'яким стартом» і за постійної високої інтенсивності. Статистично значуще вищі показники глибини полімеризації фотокомпозитних матеріалів, у тому числі рідкотекучих, були зафіксовані при застосуванні світлового потоку постійної високої інтенсивності, за «м'якого старту» отримані систематично низькі результати.

Ключові слова: фотокомпозитні матеріали, глибина полімеризації, світловий потік фотополімеризатора.

Резюме

Приведены результаты изучения глубины полимеризации различных фотокомпозитных материалов, в том числе жидкотекучих, образцы которых затвердевали под влиянием светового потока светодиодного фотополімеризатора в двух режимах: «мягким стартом» и постоянной высокой интенсивности. Статистически значимо более высокие показатели глубины полимеризации фотокомпозитных материалов, в том числе жидкотекучих, были зафиксированы при применении светового потока постоянной высокой интенсивности, в случае «мягкого старта» получены систематически низкие результаты.

Ключевые слова: фотокомпозитные материалы, глубина полимеризации, световой поток фотополімеризатора.

UDC 616.314-074-089.27

LABORATORY STUDY OF POLYMERIZATION DEPTH OF COMPOSITE MATERIALS

O.A. Udod, Kh.I. Bekuzarova

Donetsk national medical university, Kramatorsk

Summary

With the advent of modern improved restorative materials, the process of teeth restoration has become even more complex, but it provides an impeccable anatomical, functional and aesthetic result. In the new generation of composites there is a number of advantages, namely, increased mechanical strength, increased abrasion resistance, hardness, colour stability. All these allows restoring the anatomical shape of teeth and functional characteristics even with a significant degree of damage. However, after restoration, complications are often associated with polymerization of stress and shrinkage of composite materials, inconsistency between the coefficients of volume expansion of materials and hard tissues of teeth, etc.

Recently, due to the improvement of materials, the appearance of highly filled composites, it has become possible to apply the first layer of reinforced rarefaction of composite with a thickness of up to 4 mm. However, when the thickness of a layer of any composite material increases, there must be a question about the degree, quality and depth of the polymerization that initiates the light flux of the photopolymerizer. Therefore, the choice of materials and technology for restoration of the teeth should be reasonable and optimal.

The aim of this work was to study the polymerization depth of composite materials under different modes of light exposure in laboratory conditions.

Materials and methods. In the course of a laboratory research the ISO 4049 method was used, the depth of polymerization of liquid and composite materials, and total number of 120 samples were studied. Samples were made up in a special shape with a diameter of 4 mm hole and exposed to light flux of 1000 mW/cm² of LED photopolymerizer in two modes: "soft start" and constant high intensity. Then a sample of photoconductive material was extracted from the form, a layer of material that was not hardened was separated, the length of the hardened specimen was measured, divided by 2 and the value for the polymerization depth of the material under study was obtained.

Results of the research and their discussion. Statistically significant maximum indices of the polymerization depth were obtained with the use of composite materials for solidification of the light flux of a photoconductive photoconductor of constant high intensity. Light flux in the "soft start" mode leads to a systematic decrease in the level of polymerization depth. But if we compare the polymerization depth of samples of nanocomposite material in case of one-stage hardening with the adhesive system, they were close enough to such relatively rarefying composites in both modes of light exposure.

Conclusions. The results obtained in the study indicate the expediency, in case of need, to increase the thickness of the layer of rarefied composite materials for the application of their solidification of the light flux of constant high intensity. Concerning the simultaneous hardening of nanocomposite material and the adhesive system, it can be assumed from the results of the study that some of the properties of this material, thus obtained, correspond to the corresponding characteristics of the rarefied composites.

Key words: composite materials, polymerization depth, light flux of photopolymerizer.