УДК 616.314-071-084-089.23-74-77
DOI https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-5-17

Олександр УДОД
доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри стоматології № 1, Донецький національний медичний університет, вул. Ю. Коваленка, 4-А, м. Кропивницький, Україна, індекс 25031 (stomatdecan@dsmu.edu.ua)
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6790-1936

Ігор МОРОЗ
аспірант кафедри стоматології № 1, Донецький національний медичний університет, вул. Ю. Коваленка, 4-А, м. Кропивницький, Україна, індекс 25031 (igor77moroz@gmail.com)
ORCID: https://orcid.org/0009-0000-8432-8609

Oleksandr UDOD
Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Dentistry Department № 1, Donetsk National Medical University, 4a, Yu. Kovalenko St, Kropyvnytskyi, Ukraine, postal code 25031 (stomatdecan@dsmu.edu.ua)

Igor MOROZ
Postgraduate Student at the Dentistry Department № 1, Donetsk National Medical University, 4a, Yu. Kovalenko St, Kropyvnytskyi, Ukraine, postal code 25031 (igor77moroz@gmail.com)

Бібліографічний опис статті: Удод О., Мороз І. Лабораторне дослідження міцності адгезивного зв'язку фотокомпозиційного матеріалу з емаллю зубів. *Сучасна медицина, фармація та психологічне здоров'я*. 2023. Вип. 5 (14). С. 102–107. DOI: https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-5-17

Bibliographic description of the article: Udod, O., Moroz, I. (2023). Laboratorne doslidzhennia mitsnosti adhezyvnoho zviazku fotokompozytsiinoho materialu z emalliu zubiv [The laboratory study adhesive bond strength of photocomposition material with tooth enamel]. *Suchasna medytsyna, farmatsiia ta psykholohichne zdorovia – Modern medicine, pharmacy and psychological health*, 5 (14), 102–107. DOI: https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-5-17

ЛАБОРАТОРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ АДГЕЗИВНОГО ЗВ'ЯЗКУ ФОТОКОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ З ЕМАЛЛЮ ЗУБІВ

Анотація. Постанова проблеми*. Структурно-функціональна кислотостійкість емалі зубів з життєздатною пульпою може певним чином впливати на глибину кислотних мікродефектів в емалі після її протравлення у ході адгезивної підготовки твердих тканин до відновлення та міцність адгезивного зв'язку фотокомпозитів з емаллю відновлюваних зубів.*

Мета. *Лабораторна оцінка міцності адгезивного зв'язку фотокомпозиційного матеріалу з емаллю зубів, залежно від вихідної структурно-функціональної кислотостійкості емалі та часу її протравлення.*

Матеріали та методи. *Дослідження проведено на 80 зразках, виготовлених з видалених жувальних зубів з попереднім визначенням у пацієнтів структурно-функціональної кислотостійкості емалі зубів, залежно від рівня якої вони були розподілені на чотири групи. У зразках зубів пацієнтів I та II груп з високим та середнім рівнем проводили протравлення емалі протягом 15 та 30 секунд, у зразках зубів осіб III та IV груп з низьким та дуже низьким рівнем – також 15 та 30 секунд. Міцність адгезивного зв'язку між фотокомпозитом та емаллю досліджували на відрив та зсув.*

Результати. *У зразках зубів осіб I групи показники міцності адгезивного зв'язку на відрив та зсув становили 28,82±0,97 та 19,72±1,19 МПа, у зразках зубів пацієнтів II групи показники дорівнювали 34,90±1,81 та 23,90±2,06 МПа, III групи – 25,11±1,27 та 16,33±1,30 МПа, IV групи – 20,80±1,67 та 14,90±1,19 МПа, відповідно. Показники міцності адгезивного зв'язку у зразках зубів осіб II групи завжди були вірогідно ($p<0,05$) вищими за інші відповідні значення.*

Висновки. *Результати дослідження продемонстрували необхідність пролонгування терміну кислотного впливу на емаль до 30 секунд під час адгезивної підготовки до прямого відновлення зубів у пацієнтів з високим або середнім рівнем структурно-функціональної кислотостійкості емалі, у той час, як у пацієнтів з низькою або дуже низькою кислотостійкістю збільшення часу протравлення є недоцільним.*

Ключові слова*: відновлення зубів, емаль, кислотостійкість, протравлення, фотокомпозит, адгезивний зв'язок, міцність.*

THE LABORATORY STUDY ADHESIVE BOND STRENGTH OF PHOTOCOMPOSITION MATERIAL WITH TOOTH ENAMEL

Abstract. Formulation of the problem*. The structural and functional teeth enamel acid resistance with a viable pulp can in a certain way influence the depth of acid microdefects in the enamel after its etching during the adhesive preparation of hard tissues for restoration and the strength of the adhesive bond of photocomposites with the enamel of teeth restored.*

The aim. *Laboratory assessment of the adhesive strength of the photocomposition material with tooth enamel, depending on the initial structural and functional enamel acid resistance and the time of its etching.*

Materials and methods*. The study was conducted on 80 samples made from extracted chewing teeth with a preliminary determination of structural and functional tooth enamel acid resistant in patients, depending on the level of which they were divided into four groups. Enamel etching was performed for 15 and 30 seconds in tooth samples of patients of groups I and II with high and medium levels, and for 15 and 30 seconds in tooth samples of patients of groups III and IV with low and very low levels. The strength of the adhesive bond between the photocomposite and the enamel was investigated for separation and shear.*

Results. *In the samples of the people teeth of the I group, the indicators of the strength of the adhesive bond for separation and shear were 28.82±0.97 and 19.72±1.19 MPa, in the samples of the patients teeth of the II group, the indicators were equal to 34.90±1.81 and 23.90±2.06 MPa, III groups – 25.11±1.27 and 16.33±1.30 MPa, IV groups – 20.80±1.67 and 14.90±1.19 MPa, respectively. Indicators of the strength of the adhesive bond in the samples of the teeth of individuals of the II group were always probably ($p<0.05$) higher than other corresponding values.*

Conclusions. *The results of the study demonstrated the need to extend the period of acid exposure to enamel to 30 seconds during adhesive preparation for direct teeth restoration of patients with a high or medium level of structural and functional enamel acid resistance, while in patients with low or very low acid resistance, increasing the etching time is impractical.*

Key words*: tooth restoration, enamel, acid resistance, etching, photocomposite, adhesive bond, strength.*

Постановка проблеми. У сучасній стоматологічній практиці для прямого відновлення зубів з каріозними та некаріозними ураженнями найбільш широко використовують фотокомпозиційні матеріали [4; 6]. Вони, безумовно, займають провідне місце у клінічному застосуванні та є найзатребуванішими серед будь-яких інших відновлювальних матеріалів. Такий попит на фотокомпозити пояснюється довгою низкою їх чудових клінічних та лабораторних характеристик, до яких необхідно віднести, перш за все, високу естетичність, зокрема, широку гаму кольорових відтінків та транспарентність, механічну міцність, яка дозволяє витримувати високий жувальний тиск та протистояти стиранню, достатньо простий протокол, що, у свою чергу, забезпечує відносну легкість у клінічному застосуванні, та можливість проведення, за необхідності, повторного відновлення або корекції вже виконаної реставраційної роботи [7; 8; 12]. Водночас навіть у разі використання фотокомпозитів неможливо виключити істотну імовірність розвитку післяреставраційних ускладнень.

Надійність та довговічність реставрацій, виконаних з фотокомпозиційних матеріалів, залежать від багатьох факторів, у тому числі таких, що не пов'язані з їх властивостями, зокрема, від активності каріозного процесу та його перебігу, резистентності емалі до впливу карієсогенних чинників, стану гігієни порожнини рота, мікробіологічних та реологічних показників ротової рідини тощо [3; 7; 10]. Втім, до найважливіших чинників, що визначають терміни функціонування прямих фотокомпозиційних відновлень, відносять міцність фіксації цих матеріалів до твердих тканин зубів, які складають дно та стінки відпрепарованих каріозних порожнин.

Фотокомпозити, як відомо, не мають самостійних адгезивних властивостей відносно твердих тканин зубів, тому їх зв'язок забезпечують відповідні адгезивні системи [12]. У разі використання цих систем на першому етапі для забезпечення стійкого мікромеханічного зв'язку необхідно провести спеціальну підготовку твердих тканин зубів, яка включає створення в емалі та дентині мікродефектів шляхом їх протравлення кислотним агентом, а на подальших етапах ці мікродефекти заповнюють відповідними складовими адгезивних систем, які після світлового затвердіння утворюють хімічний зв'язок з твердими тканинами і фотокомпозитами [9]. Від глибини мікродефектів та ступеня їх заповнення адгезивною системою залежить міцність зв'язку та фіксації фотокомпозиційних матеріалів відновлення до твердих тканин зубів. У свою чергу, глибина таких мікродефектів залежить від концентрації кислоти, часу її контакту з твердими тканинами, структури та хімічного складу емалі та дентину зубів, тобто рівня їх мінералізації [9; 11]. Саме ці чинники формують здатність тканин протистояти дії кислоти, тобто структурну кислотостійкість. Однак добре відомо, що у твердих тканинах зубів з життєздатною пульпою існує механізм постійного центробіжного переміщення зубної рідини крізь дентин до поверхні емалі, який залежить від функціонального стану пульпи, значною мірою також протидіє кислотному впливу і визначає, таким чином, функціональний компонент кислотостійкості. Відносно емалі цей феномен резистентності отримав назву «структурно-функціональна кислотостійкість» (СФКС) [2; 5].

Цілком природно припустити, що вихідний рівень СФКС емалі у зубах з життєздатною пульпою, які підлягають відновленню, певним чином впли-

ває на показники глибини мікродефектів, що мають утворитися в емалі після протравлення під час адгезивної підготовки, та, відповідно, на міцність фіксації до неї фотокомпозита. Отже, виглядає доцільним дослідження міцності адгезивного зв'язку фотокомпозиційних матеріалів з емаллю відновлюваних зубів та визначення оптимальних часових параметрів кислотної дії у ході адгезивної підготовки, залежно від вихідних показників структурно-функціональної кислотостійкості емалі.

На визначенні структурно-функціональної кислотостійкості емалі ґрунтується тест емалевої резистентності (ТЕР), який є достатньо відомим та ефективним щодо клінічної оцінки карієсрезистентності емалі зубів з життєздатною пульпою та прогнозування карієсу [2]. Саме цей клінічний тест був застосований у ході проведеного дослідження.

Мета дослідження – лабораторна оцінка міцності адгезивного зв'язку фотокомпозиційного матеріалу з емаллю зубів залежно від вихідної структурно-функціональної кислотостійкості емалі та часу її протравлення.

Матеріали та методи дослідження. Лабораторне дослідження було проведено на 40 жувальних зубах, що були видалені за ортодонтичними та хірургічними показаннями у 40 пацієнтів, які звернулися за стоматологічною допомогою до приватного стоматологічного кабінету. Вік пацієнтів становив від 18 до 34 років, серед них було 17 чоловіків (42,5% від загальної кількості) та 23 жінки (57,5%). Перед проведенням стоматологічного обстеження та подальшого втручання від усіх пацієнтів було отримано поінформовану згоду на участь у дослідженні. Під час проведення дослідження були повною мірою дотримані принципи Гельсинської декларації та Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину, а також відповідні положення чинного законодавства України у галузі охорони здоров'я та нормативні акти Міністерства охорони здоров'я України.

Залежно від рівня СФКС емалі, визначеної за тестом емалевої резистентності, усі пацієнти були розподілені на чотири групи. До I та II груп увійшли, відповідно, 11 та 10 пацієнтів, в яких був зафіксований високий (показник ТЕР складав 1-3 бали) або середній (показник ТЕР становив 4-5 балів) рівень кислотостійкості. До III та IV груп були віднесені, відповідно, 9 та 10 обстежених осіб, в яких був зафіксований низький (6-7 балів) або дуже низький (8-10 балів) рівень кислотостійкості за ТЕР.

Структурно-функціональну кислотостійкість емалі зубів з життєздатною пульпою у пацієнтів визначали за тестом емалевої резистентності, який полягає в оцінці глибини мікродефекту, що утворився в емалі після дозованої кислотної дії, за інтенсивністю забарвлення цієї ділянки за 10-ти бальною шкалою [5].

Після проведення тесту під адекватною провідниковою анестезією досліджувані жувальні зуби за відповідними показаннями видаляли, очищували від залишків м'яких тканин і крові, промивали під проточною водою та зберігали у 1% розчині Chloramin-B-Hydrat [3].

Загалом, з видалених зубів було виготовлено 80 лабораторних зразків. Спочатку на оклюзійних поверхнях видалених зубів зішліфовували бугри таким чином, щоб утворилася горизонтальна поверхня, і, при цьому, емаль була збережена, далі кожний зуб розпилювали у вертикальному напрямку для отримання двох зразків, потім підготовлені поверхні емалі протравлювали за допомогою 35% гелю ортофосфорної кислоти. У зразках зубів пацієнтів I та III груп проводили протравлення емалі протягом 15 секунд, у зразках зубів осіб II та IV груп – 30 секунд. Далі на поверхні емалі зразків після адгезивної підготовки, у ході якої використовували адгезивну систему 5 покоління з відповідною експозицією та світловою полімеризацією, розміщували округлу форму з органічного скла висотою 10,0 мм з внутрішнім діаметром 3,0 мм. В цю форму вносили нанонаповнений фотокомпозиційний матеріал, формували його у вигляді циліндра і проводили світлову полімеризацію.

Для імітації умов порожнини рота та «старіння» зразків зубів з зафіксованим на емалі фотокомпозитом виконували термоциклювання, для чого кожний зразок розміщували на 30 секунд в ємності з холодною водою за температури 5°С, потім зразок також на 30 секунд розміщували в ємності з гарячою водою за температури 55°С [3].

Для визначення міцності адгезивного зв'язку між фотокомпозиційним матеріалом та емаллю зубів зразки були досліджені на відрив та зсув з використанням універсальної випробувальної машини [1; 11]. Зразки зубів фіксували та прикладали навантаження, залежно від мети конкретного фрагменту лабораторного дослідження: у поздовжньому напрямі, створюючи зусилля відриву до руйнування зразка від розтягуючого навантаження (визначення на відрив), або перпендикулярно до поздовжньої вісі фотокомпозиційного циліндра шляхом вертикального переміщення рухомого стола випробувальної машини (визначення на зсув). Навантаження, за якого відбувалося руйнування зразків, реєстрували динамометром, встановленим до машини, з точністю вимірювання до 0,1 Н.

Адгезивну міцність А, МПа, визначали за формулою (1):

$$A = F/S, \qquad (1)$$

де F – навантаження, що призводило до руйнування зразків, Н;

S – площа поверхні руйнування дорівнює площі круга діаметром 3,0 мм, мм^2.

Отримані у ході дослідження показники обробляли з застосуванням варіаційної статистики у програмах Statistica 13 та MS Excel 2010. Вірогідність визначали за t-критерієм Стьюдента.

Результати дослідження та їх обговорення. Проведення безпосередньо перед видаленням зубів в осіб, які брали участь в дослідженні, визначення структурно-функціональної кислотостійкості емалі за ТЕР показало, що відповідні значення у пацієнтів I та II груп склали 3,27±0,56 та 3,40±0,45 бала (різниця між показниками є невірогідною, p>0,05), у пацієнтів III та IV груп – 7,56±0,47 та 7,70±0,40 бала (різниця є також невірогідною, p>0,05). Отримані результати свідчать про ідентичні умови щодо показників СФКС емалі зубів в осіб I та II груп, а також III та IV груп на початку дослідження.

На підготовлених зразках спочатку проводили лабораторну оцінку міцності адгезивного зв'язку фотокомпозиційного матеріалу з емаллю зубів на відрив, залежно від часу кислотного протравлення емалі твердих тканин та вихідного рівня структурно-функціональної кислотостійкості. В результаті проведенного фрагменту лабораторного дослідження встановлено, що у зразках зубів осіб I групи, в яких проводили кислотне протравлення емалі протягом 15 секунд, а вихідний рівень її кислотостійкості був високим або середнім, показник міцності адгезивного зв'язку становив, у середньому, 28,82±0,97 МПа. У зразках зубів пацієнтів II групи з таким самим рівнем СФКС емалі, але в яких було збільшено протравлення до 30 секунд, досліджуваний показник дорівнював 34,90±1,81 МПа, що вірогідно (p<0,05) вище, ніж у зразках зубів пацієнтів I групи (табл. 1).

Результати, отримані під час дослідження зразків зубів осіб III та IV груп, були вірогідно (p<0,05) нижчими. У пацієнтів цих груп вихідний рівень структурно-функціональної кислотостійкості емалі був низьким або дуже низьким. У зразках зубів осіб III групи, в яких проводили стандартне кислотне протравлення емалі, а саме, протягом 15 секунд, показник міцності адгезивного зв'язку на відрив складав 25,11±1,27 МПа, причому він вірогідно (p<0,05) відрізнявся від відповідних значень, отриманих у зразках зубів пацієнтів I і II груп, тобто був нижчим за них. Водночас даний показник був вірогідно (p<0,05) вищим за значення адгезивної міцності, отримане у зразках зубів осіб IV групи, в яких час протравлення емалі кислотним гелем становив 30 секунд, і цей найгірший показник у фрагменті дослідження складав 20,80±1,67 МПа.

Далі досліджували міцність адгезивного зв'язку фотокомпозита з емаллю зубів на зсув, залежно від зазначених чинників. У зразках зубів пацієнтів I групи значення міцності адгезивного зв'язку на відрив дорівнювало 19,72±1,19 МПа, у зразках II групи цей показник був вірогідно (p<0,05) вищим і дорівнював 23,90±2,06 МПа. Отримані результати підтверджують тенденцію, визначену у попередньому фрагменті дослідження, щодо підвищення показників міцності адгезивного зв'язку у разі збільшення часу кислотного протравлення емалі за наявності високого або середнього вихідного рівня СФКС емалі зубів.

У зразках зубів осіб III та IV груп отримані показники міцності адгезивного зв'язку на зсув були прогнозовано вірогідно (p<0,05) нижчими за такі ж показники у зразках зубів пацієнтів обох попередніх груп, зокрема, у зразках зубів осіб III групи відповідний показник складав 16,33±1,30 МПа, осіб IV групи – 14,90±1,19 МПа. Слід зазначити, що між собою два останні показники відрізняються невірогідно (p>0,05), але при цьому, як і у попередньому фрагменті, збільшення часу кислотного протравлення за низької або дуже низької СФКС емалі призводить до погіршення показника міцності адгезивного зв'язку, тому, можливо, необхідні подальші дослідження відносно пошуку оптимального часу кислотного впливу у ході реалізації адгезивних технологій відновлення зубів за такого рівня СФКС емалі.

Порівнюючи результати обох фрагментів проведеного лабораторного дослідження, підкреслимо, що за будь-яких умов щодо рівня СФКС емалі зубів або часу протравлення кислотним агентом

Таблиця 1

Показник міцності адгезивного зв'язку фотокомпозиційного матеріалу з емаллю зубів на відрив та зсув, МПа

Група / Адгезивна міцність	I (n=11)	II (n=10)	III (n=9)	IV (n=10)
на відрив	28,82±0,97 *	34,90±1,81	25,11±1,27 *	20,80±1,67 *
на зсув	19,72±1,19 **	23,90±2,06	16,33±1,30 **	14,90±1,19 **

Примітки:

* – різниця між показниками міцності на відрив у зразках зубів осіб II та I, III, IV груп є вірогідною (p<0,05);

** – різниця між показниками міцності на зсув у зразках зубів осіб IV та I, II, III груп є вірогідною (p<0,05).

отримані показники міцності адгезивного зв'язку фотокомпозита з емаллю на відрив завжди були вірогідно ($p<0,05$) вищими за відповідні значення адгезивної міцності на зсув, і це також спонукає до ретельного вивчення.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Результати лабораторного дослідження міцності адгезивного зв'язку фотокомпозиційного матеріалу з емаллю продемонстрували необхідність пролонгування терміну кислотного впливу на емаль до 30 секунд під час адгезивної підготовки відпрепарованих твердих тканин зубів до прямого відновлення у разі наявності у пацієнтів високого або середнього вихідного рівня структурно-функціональної кислотостійкості емалі, у той час, як у пацієнтів з низькою або дуже низькою структурно-функціональною кислотостійкістю збільшення терміну протравлення емалі є недоцільним.

Водночас у подальшому необхідно провести клінічні дослідження для визначення довгострокових результатів зазначених диференційованих підходів щодо протравлення емалі зубів з життєздатною пульпою у пацієнтів з різним рівнем її структурно-функціональної кислотостійкості.

Список використаних джерел:

1. Водоріз Я. Ю. Фізичні властивості реставраційних матеріалів при різній глибині препарування твердих тканин зубів. *Вісник проблем біології і медицини.* 2018. Вип. 4. Том 1 (146). С. 186–188.

2. Клітинська О. В., Шетеля В. В. Карієсрезистентність як детектор стану твердих тканин зубів. *Проблеми клінічної педіатрії*. 2020. 4. С. 119–122.

3. Макєєв В. Ф., Микиєвич Н. І. Експериментальне вивчення щільності прилягання прямих і непрямих реставрацій до твердих тканин зуба. *Сучасна стоматологія*. 2018. № 1. С. 94–98.

4. Робсон Д. Реставрації бічних зубів з використанням Admira Fusion. *Новини стоматології*. 2020. 4. С. 45–46.

5. Удод О. А., Вороніна Г. С. Сучасні тенденції та підходи до прогнозування карієсу зубів. *Новини стоматології*. 2019. № 1. С. 75–79.

6. Blatz M. B., Chiche G., Bahat O., Roblee R., Coachman C., Heymann H. O. Evolution of Aesthetic Dentistry. *J Dent Res*. 2019. Nov. 98(12). P. 1294–1304. doi: 10.1177/0022034519875450.

7. Lauren Pilcher, Sarah Pahlke, Olivia Urquhart. Direct materials for restoring caries lesions: Systematic review and meta-analysis-a report of the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc.* 2023 Feb;154(2):e1-e98. doi: 10.1016/j.adaj.2022.09.012. Epub 2023 Jan 5. PMID: 36610925.

8. Guney T., Yazici A. R. 24-Month Clinical Evaluation of Different Bulk-Fill Restorative Resins in Class II Restorations. *Oper Dent*. 2020. № 45(2). P. 123–133.

9. Francesco Ricardo Bernales Sender, José Alberto Castañeda Vía, Lidia Yileng Tay. Influence of different phosphoric acids before application of universal adhesive on the dental enamel. *J Esthet Restor Dent*. 2020 Dec;32(8):797-805. doi: 10.1111/jerd.12636.

10. Schwendicke F., Göstemeyer G., Blunck U., Paris S, Hsu L-Y., Tu Y-K. Directly Placed Restorative Materials: Review and Network Meta-analysis. *J Dent Res.* 2016. Jun. 95(6). P. 613–22. doi: 10.1177/0022034516631285.

11. Szczesio-Wlodarczyk A., Domarecka M., Kopacz K., Sokolowski J., Bociong K. An Evaluation of the Properties of Urethane Dimethacrylate-Based Dental Resins. *Materials (Basel).* 2021 May 21;14(11):2727. doi: 10.3390/ma14112727. PMID: 34064213, PMCID: PMC8196897.

12. Wen Zhou, Shiyu Liu, Xuedong Zhou, Matthias Hannig, Stefan Rupf, Jin Feng. Modifying Adhesive Materials to Improve the Longevity of Resinous Restorations. *Int J Mol Sci.* 2019. Feb 8. 20(3). P. 723. doi: 10.3390/ijms20030723.

References:

1. Vodoriz, Ya. Yu. (2018). Fizychni vlastyvosti restavratsiinykh materialiv pry riznii hlybyni preparuvannia tverdykh tkanyn zubiv [Physical properties of restoration materials at different depths of preparation of hard tooth tissues]. *Visnyk problem biolohii i medytsyny – Bulletin of problems of biology and medicine*, 4, 186-188 [in Ukrainian].

2. Klitynska, O. V., & Shetelia, V. V. (2020). Kariiesrezystentnist yak detektor stanu tverdykh tkanyn zubiv [Caries resistance as a detector of the state of hard tissues of teeth]. *Problemy klinichnoi pediatrii – Problems of Clinical Pediatrics*, 4, 119–122 [in Ukrainian].

3. Makieiev, V. F., & Mykyievych, N. I. (2018). Eksperymentalne vyvchennia shchilnosti pryliahannia priamykh i nepriamykh restavratsii do tverdykh tkanyn zuba [Experimental study of the density of adhesion of direct and indirect restorations to hard tooth tissues]. *Suchasna stomatolohiia – Modern dentistry*, 1, 94–98 [in Ukrainian].

4. Robson, D. (2020). Restavratsii bichnykh zubiv z vykorystanniam Admira Fusion [Restoration of lateral teeth using Admira Fusion]. *Novyny stomatolohii – Dental News*, 4, 45–46 [in Ukrainian].

5. Udod, O. A., & Voronina, H. S. (2019). Suchasni tendentsii ta pidkhody do prohnozuvannia kariiesu zubiv [Current trends and approaches to predicting dental caries]. *Novyny stomatolohii – Dental News*, 1, 75–79 [in Ukrainian].

6. Blatz, M. B., & Chiche, G., & Bahat, O., et al. (2019). Evolution of Aesthetic Dentistry. *J Dent Res*, Nov. 98(12), 1294–1304. doi: 10.1177/0022034519875450.

7. Lauren, Pilcher, & Sarah, Pahlke, & Olivia, Urquhart (2023) Direct materials for restoring caries lesions: Systematic review and meta-analysis-a report of the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc,* Feb, 154(2), 98. doi: 10.1016/j.adaj.2022.09.012. Epub 2023 Jan 5. PMID: 36610925.

8. Guney, T., & Yazici, A. R. (2023). 24-Month Clinical Evaluation of Different Bulk-Fill Restorative Resins in Class II Restorations. *Oper Dent*, 45(2), 123–133.

9. Francesco, Sender, & José, Vía, & Lidia, Tay (2020). Influence of different phosphoric acids before application of universal adhesive on the dental enamel. *J Esthet Restor Dent*, Dec 32(8), 797–805. doi: 10.1111/jerd.12636.

10. Schwendicke, F., & Göstemeyer, G., & Blunck, U., et al. (2016). Directly Placed Restorative Materials: Review and Network Meta-analysis. *J Dent Res,* Jun 95(6), 613–22. doi: 10.1177/0022034516631285.

11. Szczesio-Wlodarczyk, A., & Domarecka, M., & Kopacz, K., et al. (2021). An Evaluation of the Properties of Urethane Dimethacrylate-Based Dental Resins. *Materials (Basel),* May 21, 14(11), 2727. doi: 10.3390/ma14112727. PMID: 34064213, PMCID: PMC8196897.

12. Wen, Zhou, & Shiyu, Liu, & Xuedong, Zhou, et al. (2019). Modifying Adhesive Materials to Improve the Longevity of Resinous Restorations. *Int J Mol Sci*, Feb 8, 20(3), 723. doi: 10.3390/ijms20030723.