

Микуєвич Н. О., Кухта В. С.

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна

Порівняльна оцінка ступеня водопоглинання фотополімерних пломбувальних композитних матеріалів за різних методів їх полімеризації

▷ **Актуальність.** Через зростаючий попит на високу естетику в стоматології останнім часом набули популярності естетичні реставрації у ділянці як передніх, так і кутніх зубів. Оптимальними для проведення таких відновлень є фотополімерні композитні матеріали завдяки їх естетичним і механічним властивостям. Будь-який реставраційний стоматологічний матеріал, як і природні зуби, повинен мати достатній опір водопоглиннанню, щоб функціонувати у порожнині рота протягом тривалого часу. З урахуванням цього вивчення ступеня водопоглинання таких матеріалів є важливим клінічним завданням.

Мета: визначити ступінь водопоглинання фотополімерних композитних матеріалів, які полімеризували УФ-опроміненням (пряма реставрація) або УФ-опроміненням та методом теплової дополімеризації (непряма реставрація).

Матеріал і методи. Досліджено зразки композитних матеріалів Latelux, Tetric N-Ceram, Charisma Classic, виготовлені шляхом пошарової УФ-полімеризації (перша група) та з додатковою полімеризацією в апараті Coltene D. I. –500 (друга група).

Результати дослідження. Найкращі результати серед фотополімерних композитних реставрацій виявлено в усіх зразках, виготовлених непрямим методом.

Висновок. Доведено, що найменше набрякання за всіх індексів Ванни характерне для зразків серії Tetric, особливо Tetric вкл. (непряма реставрація). Доцільно рекомендувати композитний матеріал Tetric N-Ceram для подальших досліджень.

Ключові слова: фотополімерні композитні матеріали, водопоглинання, полімеризація світлом, полімеризація температурою.

Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.uk>



Вступ

Через зростаючий попит на високу естетику у стоматології останнім часом набули популярності естетичні реставрації у ділянці жувальних зубів. У цій сфері впроваджено багато нових матеріалів і методик відновлення втрачених тканин зуба.

Прямі композитні реставрації частіше використовують у випадках незначної втрати твердих тканин зуба. Однак попри широкий спектр позитивних властивостей, прямі фотополімерні відновлення мають низку істотних недоліків, як-от

усадка під час полімеризації, труднощі з адаптацією до стінок порожнини зуба, мікропідтікання та ризик розвитку вторинного карієсу [1].

У випадках значної втрати твердих тканин віддають перевагу непрямим реставраціям. Уперше непрямі композитні відновлення були застосовані у 1982 р. і продемонстрували низку переваг: простоту виготовлення, кращу відтвореність анатомічної форми, точну крайову адаптацію, належні міжзубні контакти, незначну усадку під час полімеризації, а також добру зносостійкість порівняно з прямими композитними реставраціями [2].

Однак перші непрямі композитні відновлення мали низькі механічні властивості через невеликий вміст неорганічних наповнювачів і високий вміст смоли.

До 1990-х років з'явилися нові фотополімерні композитні матеріали з вищим вмістом неорганічних наповнювачів, що поліпшило їхні механічні властивості. Відтоді склад композитних матеріалів постійно вдосконалюється новими формулами смол і наповнювачів, а також різними методами полімеризації [3].

Численні експериментальні та клінічні дослідження свідчать про значну стійкість композитів до впливу несприятливих чинників. Проте відмінні результати можуть бути досягнуті лише за умови надретельного дотримання методики пломбування композитними матеріалами. Навіть найменше їх порушення впливає на фізико-хімічні та фізико-механічні властивості композиту [4].

Основною фізико-хімічною властивістю фотополімерних композитних матеріалів, яка все ще потребує ретельного вивчення, є здатність до водопоглинання або гігроскопічного розширення. Це явище властиве багатьом реставраційним матеріалам, впливає на їх пластичність та набрякання і призводить до постійного, незворотного руйнування. Поглинання рідини композитними матеріалами є процесом, який контролюється дифузією. Сорбція і розчинність впливають на композитні реставрації двома різними механізмами: 1) поглинання води, що спричиняє збільшення маси; 2) розчинення матеріалів у воді, що призводить до зменшення маси остаточно оброблених зразків. Найвираженіше поглинання спостерігається у полімерній матриці. Рідина, яка поглинається полімерною матрицею, може спричинити відшарування часточок наповнювача від матриці або навіть призвести до гідролітичної деградації наповнювача, що може негативно вплинути на механічні властивості композитних матеріалів [5–7].

Гідролітична деградація виникає внаслідок руйнування хімічних зв'язків у смолі або її пом'якшення, спричиненого пластифікувальною дією рідини. Коли зразки смоли занурюють у рідину, деякі компоненти, такі як мономери, що не прореагували, або часточки наповнювача, можуть розчинятися та вимиватися зі зразків. Це призводить до втрати маси і може розцінюватись як показник розчинності та вимивання [8–10].

На процес вимивання складників із композитних матеріалів впливають такі чинники: наявність мономерів, що не прореагували; хімічний склад розчинника; розмір і хімічний склад часточок, що вимились. Вивільнення складників може

впливати на початкову зміну розмірів композиту, його клінічну ефективність, естетичний вигляд реставрації та біосумісність матеріалу [11–14].

Саме тому дослідження гігроскопічних і гідролітичних властивостей композитних матеріалів є вкрай важливим для оцінювання клінічного успіху.

Мета: визначити ступінь водопоглинання композитних матеріалів, у роботі з якими у процесі відновлення зубів застосовуються різні методи їх полімеризації, а саме: прямий метод полімеризації під дією опромінювання; метод комбінованої полімеризації під впливом опромінювання світлом і методу теплової дополімеризації.

Матеріал і методи

Для експериментального дослідження обрано три композитні матеріали, призначені для реставрації зубів.

Tetric N-Ceram (Ivoclar Vivadent, Ліхтенштейн) — фотополімерний рентгеноконтрастний наногібридний композит для відновлення фронтальних та жувальних зубів [15]. Високотехнологічний матеріал демонструє неперевершену естетику реставраційних робіт у дорослих і дітей. Незалежно від етіології дефектів твердих тканин зуба нанокompозит вільно справляється зі складними і профілактичними реставраціями. Особливістю матеріалу є вдосконалена форма наповнювача, завдяки якому досягається висока міцність зчеплення з дентином і чудовий естетичний ефект.

До складу композиту входять: мономерна матриця з диметакрилатів (19–20 % мас.); наповнювачі з барієвого скла, трифториду ітербію, змішаних оксидів і кополімерів (80–81 % мас.); добавки, каталізатори, стабілізатори і пігменти (менше 1 % мас.). Загальний вміст неорганічних наповнювачів становить 55–57 % об. Розмір часточок неорганічних наповнювачів 0,04–3,0 мкм.

Нанонаповнювачі надають матеріалу такі особливі властивості: низька усадка, мінімальна усадкова напруга, висока зносостійкість та міцність (130 МПа), швидке та легке полірування, високий блиск.

Колірні нанопігменти надають матеріалу природню флюоресценцію, унікальний ефект хамелеону і природню естетику кінцевій реставрації. У результаті виникає можливість створення реставрацій, які задовольняють постійно зростаючі естетичні вимоги до композитів.

Завдяки нанооптимізованій технології Tetric N-Ceram зручний у роботі: має оптимальну стабільність і легкий у моделюванні. Полімеризується світлом із довжиною хвилі 400–500 нм (синє світло). Фільтр світлочутливості, який входить до

складу композиту, гарантує можливість достатньо тривалої обробки, незважаючи на нетривалий час полімеризації — всього 10 с (≥ 1000 мВт/см²). Ще однією перевагою є те, що матеріал не прилипає до інструментів.

Рентгеноконтрастність матеріалу — необхідна умова точної діагностики вторинного карієсу. Її високий рівень (> 400 % al) забезпечує фторид ітербію, який входить до складу композиту. Це дає змогу відрізнити реставраційний матеріал від структур природного зуба і забезпечити довготривалий успіх лікування.

Charisma Classic (Kulzer, Німеччина) — фотополімерний рентгеноконтрастний мікрогібридний композит, призначений для відновлення фронтальних і бічних зубів. Поєднує в собі естетику мікрофільних матеріалів і механічну міцність мікрогібридних композитів [16].

Клінічні покази до застосування Charisma Classic: пряме відновлення порожнин I–V класів за Блеком, прямі композитні вініри, корекція форми зубів (діастеми, вроджені дефекти зубів тощо), шинування зубів, ослаблених травмою або захворюваннями пародонту, відновлення молочних зубів, реставрація кераміки, композитів (у поєднанні з відповідною системою реставрації).

До складу композит входять: матриця без вмісту біфенольних мономерів, що значно поліпшує показники біосумісності, матриця TCD-DI-HEA and UDMA, оптимізований високодискретний нанонаповнювач Microglass II на основі барій-алюміній-фторидного скла з розміром часточок 0,005–20 мкм. Вміст наповнювача становить 80–82 % мас.

Для полімеризації Charisma Classic підходять галогенні або світлодіодні фотополімеризатори. Твердіння відбувається за довжини хвилі 460–470 нм і світловіддачі 600–1500 мВт/см².

Після полімеризації матеріал зберігає свою стабільність, виявляє високі оптичні, механічні та зносостійкі характеристики. Реставрації мають естетичний природний вигляд, тривалий період

експлуатації. Нетекуча структура композиту полегшує моделювання (без налипання на ручний формувальний інструмент), наявність мікрочасточок скла дає можливість максимально швидко відполірувати готову реставрацію.

Latelux (Latus, Україна) — фотополімерний мікрогібридний композит, призначений для пломбування каріозних порожнин усіх класів за Блеком [17].

Композит складається з полімерної матриці та неорганічного рентгеноконтрастного модифікованого наповнювача. В основі полімерної матриці Біс-ДМА, уретандиметакрилат та інші акрилові олігомери. Розмір часточок наповнювача 0,7–3,0 мкм.

Матеріал належить до групи композитів, які тверднуть під впливом світла з довжиною хвилі 400–500 нм. Глибина твердіння під час освітлення лампою потужністю 75 Вт протягом 40 с становить 7–12 мм.

Latelux має високу пластичність, добру формостійкість, не липне до інструмента. Матеріал, що затверднув, гарно полірується, має високу твердість, кольоростабільність, природну флуоресценцію, низьке водопоглинання.

З метою стандартизації експериментальні зразки виготовляли шляхом пакування композиту в підготовлені спеціальні форми діаметром 9 мм. Вага кожного експериментально зразка становила приблизно 0,45 г (рис. 1).

Першу частину зразків, що використовували для дослідження, полімеризували із використанням режиму м'якого старту фотополімерною лампою Woodpecker LED.C потужністю 1200 мВт/см² та довжиною хвилі 420–480 нм.

Другу частину зразків після полімеризації лампою додатково піддавали тепловому впливу в спеціально призначеній для цього печі Coltene D.I.–500 потужністю 50 Вт (рис. 2).

Умовні позначення зразків наведені у табл. 1.

Кожен експериментальний зразок зважували на аналітичних вагах із точністю до 0,0001 г.

Таблиця 1.

Перелік зразків та їхні умовні позначення

Tetric	T1	T2	T3
Tetric вкл.	TB1	TB2	TB3
Charisma	Ch1	Ch2	Ch3
Charisma вкл.	ChB1	ChB2	ChB3
Latelux	L1	L2	L3
Latelux вкл.	LB1	LB2	LB3

Примітка. T1, Ch1, L1 — лише світло; TB1, ChB1, LB1 — світло і тепло.



Рис. 1. Зразки досліджуваних матеріалів



Рис. 2. Піч Coltene D.I. – 500

Проби після кількісної оцінки переносили у попередньо просушену та зважену скляну віалу з гвинтовою кришкою об'ємом 40 мл, яку додатково піддавали осушенню в ексікаторі з оксидом фосфору (V) упродовж доби за кімнатної температури та від'ємного тиску. Зразки повторно зважували на аналітичних вагах та обчислювали початковий вміст вологи. Для визначення ступеня набрякання проводили три паралельні лінії дослідження, що відрізнялись масою доданої дистильованої води у таких масових співвідношеннях: 1:3, 1:6 та 1:9 (1 г зразка на кількість грамів води). Вимірювання проводили за температури 36°C.

Герметично закриті зразки поміщали у термостат (теплоагент — вода дистильована).

Перше вимірювання проводили через 12 год від моменту досягнення температури середовища термостату (36°C) таким чином: віалу витягували з термостату і витирали ззовні безворсовою серветкою. Відкривали віалу, обережно діставали зразок ложкою-шпателем (за потреби пінцетом) та поміщали на чашку Петрі невеликого діаметру (попередньо зважену). Після видалення надлишкової вологи зразок зважували на аналітичних вагах із точністю до 0,0001 г. Повертали обережно зразок в ту саму віалу, герметично закривали кришкою та поміщали у термостат (36°C). Наступні три виміри проводили з інтервалом у 24 год, далі — з інтервалом у 48 год за описаним вище алгоритмом.

Результати та обговорення

Результати дослідження представлено на рис. 3–8. Отримані графічні залежності побудовано у програмі "Origin."

Отже, у процесі проведеного дослідження визначено, що ступінь водопоглинання сягає свого максимуму на 15–20-ту добу експерименту незалежно від матеріалу та способу його полімеризації.

Таблиця 2.

Максимальне набрякання на 38 добу залежно від індексу Ванни

Номер зразка	Індекс Ванни	Максимальне набрякання
T1	6,48	1,61
T2	12,43	2,04
T3	19,33	1,34
TB1	6,32	1,30
TB2	12,29	1,43
TB3	18,13	1,48
Ch1	6,68	1,16
Ch2	13,71	1,91
Ch3	18,88	2,00
ChB1	6,68	1,19
ChB2	13,23	1,95
ChB3	20,84	2,01
L1	6,62	1,45
L2	13,46	1,66
L3	19,33	2,37
LB1	6,85	1,68
LB2	13,01	1,89
LB3	19,57	2,06

Результати максимального набрякання на 38-му добу залежно від індексу Ванни наведено у табл. 2.

Приклади діаграм для зразків, виготовлених із композитного матеріалу Tetric N-Ceram представлено на рис. 9.

Висновок

Найменше набрякання за всіх індексів Ванни спостерігалось у зразках серії Tetric, особливо Tetric вкл. Максимальне набрякання становило 1,3–2,04. Тобто композитний матеріал Tetric N-Ceram доцільно рекомендувати використовувати для подальших досліджень.

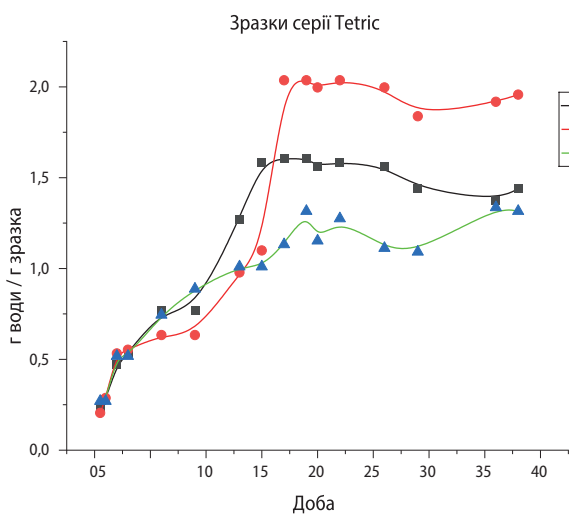


Рис. 3. Динаміка ступеня водопоглинання зразка Tetric

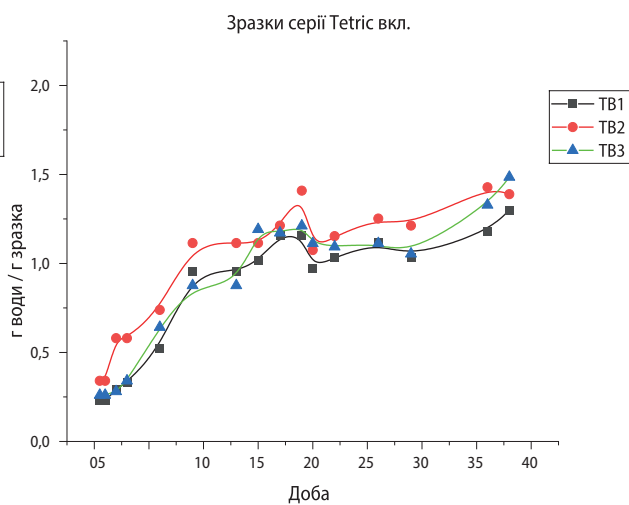


Рис. 4. Динаміка ступеня водопоглинання зразка Tetric B

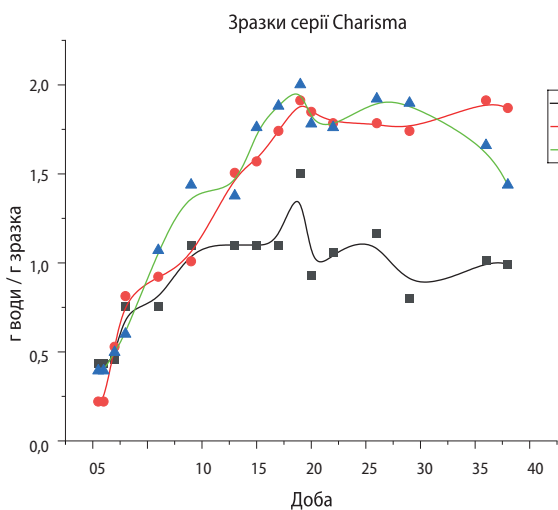


Рис. 5. Динаміка ступеня водопоглинання зразка Charisma

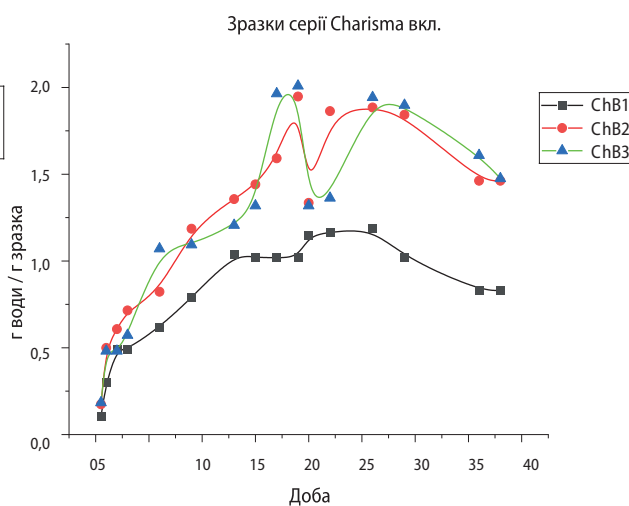


Рис. 6. Динаміка ступеня водопоглинання зразка Charisma B

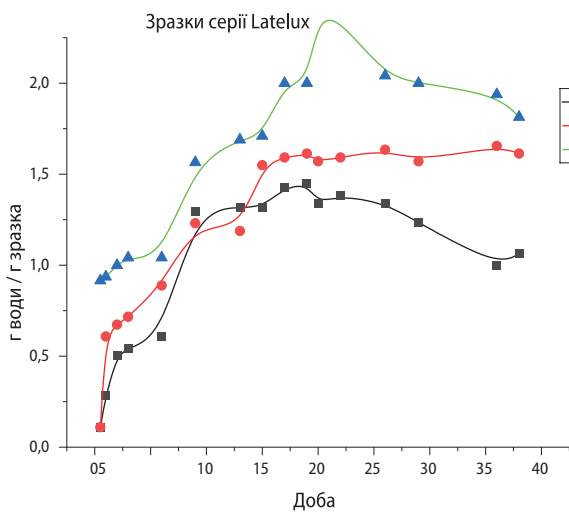


Рис. 7. Динаміка ступеня водопоглинання зразка Latelux

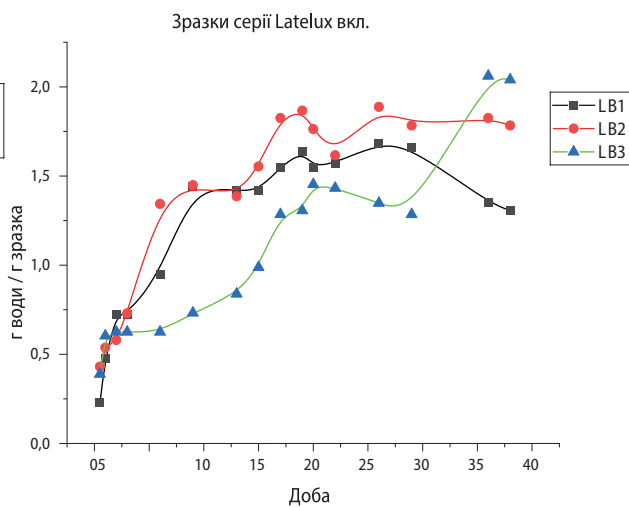


Рис. 8. Динаміка ступеня водопоглинання зразка Latelux B

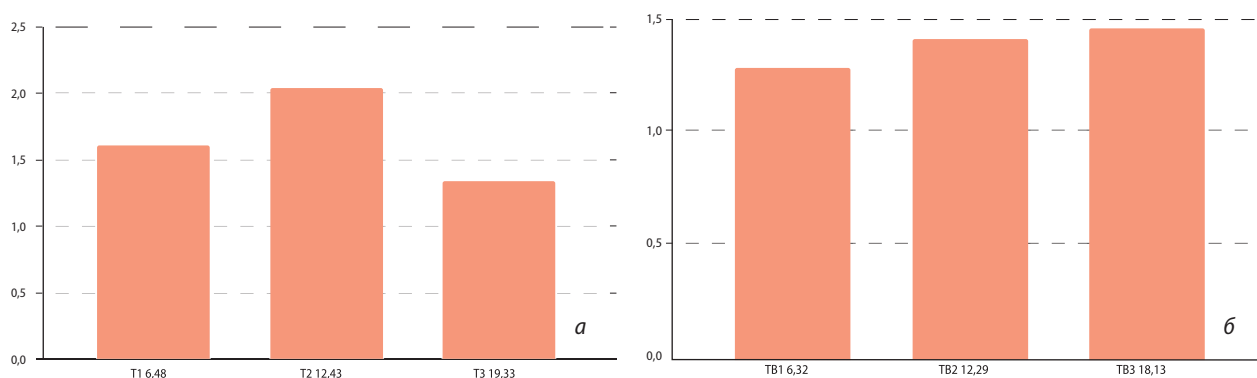


Рис. 9. Максимальне набрякання зразків серії Tetric (а) та Tetric вкл. (б) залежно від індексу Ванни

ПОСИЛАННЯ / REFERENCES

1. Fron Chabouis, H., Smail Faugeron, V., Attal, J.P. (2013). Clinical efficacy of composite versus ceramic inlays and onlays: A systematic review. *Dent. Mater.*, 29(12): 9–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.09.009>.
2. Jain, V.V. (2008). Evaluation of second generation indirect composite resins. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/46956083.pdf>
3. Mahmoud, S., El-Embaby, A., AbdAllah, A. (2014). Clinical performance of ormocer, nanofilled and nanoceramic resin composites in class I and class II restorations: A three-year evaluation. *Oper. Dent.*, 39 (1): 32–42. DOI: <https://doi.org/10.2341/12-313-c>.
4. Hajto, J. (2006). Advantages and disadvantages of direct composite restorations. Pt 1. *New in Dentistry*, 7: 4–18. [Hajto, J. (2006). Достоинства и недостатки прямых композитных реставраций. Ч. 1. *Новое в стоматологии*, 7: 4–18.].
5. Chaves, L.P., Graciano, F.M.O., Júnior, O.B., do Vale Pedreira A.P.R., Manso, A.P., Wang, L. (2012). Water interaction with dental luting cements by means of sorption and solubility. *Brazil. Dent. Sci.*, 15(4): 29–35. DOI: <https://doi.org/10.14295/bds.2012.v15i4.826>.
6. Mortier, E., Gerdolle, D.A., Jacquot, B., Panighi, M.M. (2004). Importance of water sorption and solubility studies for couple bonding agent-resin-based filling material. *Oper. Dent.*, 29(6): 669–676. PMID: 15646223.
7. Rahim, T.N., Mohamad, D., Md Akil, H., Ab Rahman, I. (2012). Water sorption characteristics of restorative dental composites immersed in acidic drinks. *Dent. Mater.*, 28(6): 63–70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.03.011>.
8. Janda, R., Roulet, J.F., Latta, M., Rüttermann, S. (2007). Water sorption and solubility of contemporary resin-based filling materials. *Biomed. Mater. Res. B. Appl. Biomater.*, 82(2): 545–551. DOI: <https://doi.org/10.1002/jbm.b.30760>.
9. Sideridou, I., Tserki, V., Papanastasiou, G. (2003). Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 24(4): 655–665. DOI: [https://doi.org/10.1016/S012-9612\(02\)00380-0](https://doi.org/10.1016/S012-9612(02)00380-0).
10. Wei, X.J., Silikas, N., Zhang, Z.T., Watts, D.C. (2011). Sion and concurrent solubility of self-adhering and new resin-matrix composites during watertion desorption cycles. *Dent. Mater.*, 27(2): 197–205. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.014>
11. Ali A. Razooki Al-Shekhli, Isra'a Al Aubi, Nisreen A. Jaafar, Madeha M. Al- Nuami. (2016). Sorption and solubility of biodentine new restorative material. *Pakistan Oral. & Dent. J.*, 36(1): 126–129. URL: https://podj.com.pk/archive/April_2016/PODJ-30.pdf
12. El-Hadary, A., Drummond, J.L. (2000). Comparative study of water sorption, solubility, and tensile bond strength of two soft lining materials. *J. Prosthet. Dent.*, 83: 356–361. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(00\)70140-5](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(00)70140-5).
13. Ferracane, J.L. (2006). Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent. Mater.*, 22(3): 202–211. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.05.005>.
14. ISO4049: Dentistry polymer — based filling, restorative and luting materials. (2000). International Organization for Standardization. Switzerland.
15. Ivoclar Vivadent. Tetric N-Ceram. Efficient restoration of anterior and posterior teeth. URL: <https://highlights.ivoclarvivadent.com/dentist/en-asian/tetric-n-ceram>.
16. Kulzer. Charisma Classic. URL: https://www.kulzer.com/int2/int/dentist/products_from_a_to_z/charisma_1/charisma_classic.aspx
17. Latelux (Лателюкс) Системный комплект. URL: <http://www.latus.com.-ua/ru/products/plombirovochnye-materialy/latelux-syst.html>

Comparative Assessment of the Degree of Water Absorption of Photopolymer Composite Filling Materials Using Different Methods of their Polymerization

Mykyievych, N., Kukhta, V.

Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

Topicality. The growing demand for superior aesthetics in modern dentistry has contributed to the increased popularity of aesthetic restorations in both anterior and posterior teeth. Photopolymer composite materials are optimal for these procedures due to their advantageous aesthetic and mechanical characteristics. Like natural dental tissues, restorative materials must demonstrate sufficient resistance to water absorption to ensure long-term functional stability in the oral cavity. Therefore, assessing water absorption levels in these materials presents a crucial clinical task.

Objective: determine the degree of water absorption in photopolymer composite materials subjected to ultraviolet (UV) irradiation polymerization (direct restoration) and those polymerized using a combination of UV irradiation and thermal post-polymerization (indirect restoration).

Material and methods. Samples of composite materials — Latelux, Tetric N-Ceram, and Charisma Classic — were examined. They were prepared using two methods: layered UV polymerization (the first group) and UV polymerization with additional polymerization in the Coltene D.I. – 500 unit (the second group).

Results. The best results were found among the photopolymer composite restorations in all samples prepared using the indirect method.

Conclusions. The study demonstrated that the Tetric series samples, particularly Tetric inlay (indirect restoration), exhibited the lowest degree of swelling according to all Vanni indices. Based on the obtained results, Tetric N-Ceram composite material is recommended for further investigation.

Keywords: *photopolymer composite materials, water absorption, light polymerization, thermal polymerization.*

Микиєвич Назарій Олександрович — аспірант кафедри ортопедичної стоматології Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0496-1186>

Кухта Віктор Степанович — кандидат медичних наук, доцент, завідувач кафедри ортопедичної стоматології Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6392-9755>

Стаття: надійшла до редакції 30.04.2025 р.; прийнята до друку 18.06.2025 р.