УДК 616.31:378.1.096]:614.253.4:004.94
DOI https://doi.org/10.32782/3041-1394.2026-2.15

***О.М. Чемерис**, ректор, доктор медичних наук, професор, кафедра хірургії № 1, ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Короля Данила», вул. Пекарська, 69, м. Львів, Україна, індекс 79010, orestchemerys@gmail.com*

***І.І. Солонинко**, перший проректор з науково-педагогічної роботи, кандидат біологічних наук, доцент, кафедра, ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Короля Данила», вул. Пекарська, 69, м. Львів, Україна, індекс 79010, solonynko.iryna@gmail.com*

***А.В. Лозинський**, відповідальний за виховну роботу, завідувач кафедри фармацевтичної, органічної і біоорганічної хімії, доктор фармацевтичних наук, професор, ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Короля Данила», вул. Пекарська, 69, м. Львів, Україна, індекс 79010, lozynskyiandrii@gmail.com*

***Н.Л. Чухрай**, доктор медичних наук, професор, завідувач, кафедра ортодонтії, ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Короля Данила», вул. Пекарська, 69, м. Львів, Україна, індекс 79010, nchukhray@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-9585-2326*

***В.Н. Маріна**, керівник відділу додипломної освіти центру симуляційної медицини, кандидат медичних наук, доцент кафедри хірургії № 1, ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Короля Данила», вул. Пекарська, 69, м. Львів, Україна, індекс 79010, marinavolodia@ukr.net*

***Н.Р. Ключковська**, кандидат медичних наук, доцент кафедри ортопедичної стоматології, ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Короля Данила», вул. Пекарська, 69, м. Львів, Україна, індекс 79010, kluchkovska@gmail.com*

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ 3D-ДРУКУ ЯК ІНСТРУМЕНТ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ЗДОБУВАЧІВ СТОМАТОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ

Тривимірні моделі зубів і щелеп є ефективною альтернативою традиційним навчальним моделям та екстрагованим зубам. Їх використання сприяє покращенню якості засвоєння теоретичних знань, розвитку мануальних навичок, підвищенню впевненості студентів під час виконання стоматологічних маніпуляцій та формуванню клінічного мислення. За допомогою 3D-моделей забезпечуються стандартизовані умови навчання, усувається ризик перехресного інфікування та є можливість багаторазового відпрацювання практичних навичок без залучення пацієнтів.

Мета дослідження – оцінити ефективність використання 3D-моделей щелеп у навчальному процесі студентів стоматологічного факультету та визначити їхній вплив на формування професійних компетентностей, рівень засвоєння теоретичних знань і розвиток практичних навичок.

Матеріал і методи дослідження. Проведено анонімне анкетування за участю 47 студентів стоматологічного факультету ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Короля Данила». Усі учасники працювали з 3D-літографічними моделями зубів. Більшість респондентів виконували практичні маніпуляції на одній-трьох моделях (59,6%).

Результати дослідження. Більшість здобувачів (72,34 ± 6,52%) ствердили, що тактильні відчуття під час препарування літографічних 3D-моделей були наближеними до відчуттів під час роботи з реальними видаленими зубами. Оцінюючи анатомічну точність, 95,74 ± 2,94% студентів охарактеризували моделі як такі, що точно відтворюють морфологію зубів, а добрі адгезивні властивості матеріалу зубів моделей щелеп із сучасними композитними системами підтвердили 89,36 ± 4,50% опитаних. Під час повторного опитування через 1–3 місяці після використання моделей було встановлено стійкий позитивний вплив їх застосування на навчальний процес. Переважна більшість студентів (91,49 ± 4,07%) повідомили про покращення розуміння тривимірної анатомії зубів і зубних дуг. Аналогічна частка респондентів (91,49 ± 4,07%) відзначила покращення відчуття глибини препарування, опору твердих тканин і контр-

ISSN 3041-1394 (Print), ISSN 3041-1408 (Online)

олю положення стоматологічного інструменту. Порівняльний аналіз із традиційними навчальними моделями підтвердив переваги запропонованої технології.

Висновки. Використання 3D-моделей щелеп у навчальному процесі студентів стоматологічного факультету є актуальним напрямом удосконалення медичної освіти, що забезпечує підвищення якості теоретичної та практичної підготовки майбутніх фахівців і відповідає сучасним тенденціям цифровізації стоматології.

Ключові слова: 3D-друк, 3D-моделі щелеп, здобувачі, стоматологічна освіта, практична підготовка, анкетування.

***O.M. Chemerys**, Rector, Doctor of Medcal Sciences, Professor, Department of Surgery No. 1, King Danylo Lviv National Medical University, 69 Pekarska Street, Lviv, Ukraine, 79010, orestchemerys@gmail.com*

***I.I. Solonynko**, First Vice-Rector for Academic and Pedagogical Work, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, King Danylo Lviv National Medical University, 69 Pekarska Street, Lviv, Ukraine, 79010, solonynko.iryna@gmail.com*

***A.V. Lozynskyi**, Head of Educational Work, Head of the Department of Pharmaceutical, Organic and Bioorganic Chemistry, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, King Danylo Lviv National Medical University, 69 Pekarska Street, Lviv, Ukraine, 79010, lozynskyiandrii@gmail.com*

***N.L. Chukhray**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Orthodontics, King Danylo Lviv National Medical University, 69 Pekarska Street, Lviv, Ukraine, 79010, nchukhray@gmail.com*

***V.N. Marina**, Head of the Undergraduate Education Department at the Simulation Medicine Center, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Department of Surgery No. 1, King Danylo Lviv National Medical University, 69 Pekarska Street, Lviv, Ukraine, 79010, marinavolodia@ukr.net*

***N.R. Kliuchkovska**, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Department of Orthopedic Dentistry, King Danylo Lviv National Medical University, 69 Pekarska Street, Lviv, Ukraine, 79010, kluchkovska@gmail.com*

MODERN 3D PRINTING TECHNOLOGIES AS A TOOL FOR ENHANCING THE PRACTICAL TRAINING OF DENTAL STUDENTS

Three-dimensional models of teeth and jaws serve as an effective alternative to traditional educational models and extracted teeth. Their use facilitates better comprehension of theoretical knowledge, the development of manual skills, increased student confidence during dental procedures, and the cultivation of clinical reasoning. 3D models ensure standardized training conditions, eliminate the risk of cross-infection, and allow for the repeated practice of skills without involving patients.

The aim of the study is to evaluate the effectiveness of using 3D models of jaws in the educational process for dental students and to determine their impact on the development of professional competencies, the level of theoretical knowledge acquisition, and the development of practical skills.

Research material and methods. An anonymous survey was conducted among 47 students from the Faculty of Dentistry at Danylo Lviv National Medical University. All participants worked with 3D-printed tooth models. The majority of respondents (59.6%) performed practical procedures on one to three models. Research results. The majority of students (72.34 ± 6.52%) stated that the tactile sensations experienced during the preparation of 3D-printed models closely resembled those felt when working with actual extracted teeth. Regarding anatomical accuracy, 95.74 ± 2.94% of students described the models as accurately reproducing tooth morphology, while 89.36 ± 4.50% of respondents confirmed the material's good adhesive properties when used with modern composite systems. A follow-up survey conducted 1–3 months after using the models revealed a sustained positive impact on the educational process. The vast majority of students (91.49 ± 4.07%) reported an improved understanding of the three-dimensional anatomy of teeth and dental arches. A similar proportion of respondents (91.49 ± 4.07%) noted improved perception of preparation depth, hard tissue

resistance, and control over the dental instrument's position. A comparative analysis with traditional training models confirmed the advantages of the proposed technology.

Conclusions. The use of 3D jaw models in the training of dental students represents a relevant approach to enhancing medical education; it improves the quality of theoretical and practical training for future specialists and aligns with modern trends in the digitalization of dentistry.

Key words: 3D printing, 3D jaw models, students, dental education, practical training, survey.

Вступ. Однією з ключових тенденцій сучасної стоматології є інтеграція цифрових технологій не лише в діагностичний і лікувальний, але й в освітній процес. Стрімкий розвиток цифрової стоматології у поєднанні з активним використання в стоматологічній практиці внутрішньоротового сканування, конусно-променевої комп'ютерної томографії, систем автоматизованого проєктування та виробництва (CAD/CAM), а також технологій 3D-друку зумовлюють необхідність трансформації підходів до підготовки майбутніх лікарів-стоматологів [1–5; 8; 12]. При цьому важливим завданням є формування у здобувачів не лише ґрунтовних базових фундаментальних та клінічних теоретичних знань, набуття компетентностей, необхідних для роботи із сучасними цифровими технологіями, а й найголовніше – відпрацювання практичних навичок на кожному етапі навчання.

Одним із пріоритетних шляхів щодо модернізації навчального процесу вищої стоматологічної освіти на сьогодні є активне застосування тривимірного (3D) моделювання та технологій 3D-друку [6; 7; 9; 11; 13; 14]. Використання цих технологій дає змогу для навчального процесу створювати анатомічні моделі, що точно відтворюють особливості будови зубів. При цьому забезпечується краща візуалізація навчального матеріалу та створюються умови для багаторазового відпрацювання практичних навичок без ризику для пацієнта [10]. Їх упровадження в освітній процес сприяє розвитку просторового мислення, удосконаленню мануальних навичок і зростанню впевненості під час виконання практичних маніпуляцій, що забезпечує підвищення якості підготовки майбутніх лікарів-стоматологів.

Підготовка студентів стоматологічного факультету передбачає набуття великої кількості практичних навичок, необхідних для подальшої клінічної діяльності. Традиційні методи навчання, що базуються на використанні двовимірних зображень, гіпсових моделей і стандартних фантомів, не завжди дають змогу повною мірою відтворити складні просторові взаємозв'язки анатомічних структур, що обумовлює необхідність пошуку більш ефективних засобів візуалізації для забезпечення перших етапів практичної підготовки студентів. Тому застосування тривимірного моделювання та технологій 3D-друку в цьому контексті розглядається як дієвий інструмент удосконалення освітнього процесу. Моделі, виконані методом 3D-друку, забезпечують більш точне відтворення складних анатомічних структур, дають змогу моделювати клінічні ситуації різного рівня складності, забезпечують можливість багаторазового відпрацювання практичних маніпуляцій у безпечних умовах і створюють умови для індивідуалізованого навчання [15; 16]. Крім того, використання таких технологій сприяє поступовому переходу від пасивного засвоєння інформації до активного формування практичних компетентностей, необхідних у сучасній стоматологічній практиці.

Мета дослідження – оцінити ефективність використання 3D-моделей щелеп у навчальному процесі студентів стоматологічного факультету та визначити їхній вплив на формування професійних компетентностей, рівень засвоєння теоретичних знань і розвиток практичних навичок.

Матеріал та методи дослідження. У цьому дослідженні застосовано метод анонімного анкетування за участю 47 студентів стоматологічного факультету ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила

ISSN 3041-1394 (Print), ISSN 3041-1408 (Online)

Галицького», яких було розподілено на дві групи відповідно до року навчання: студенти другого та п'ятого курсів. Усі учасники надали письмову інформовану згоду. Опитувальник було сформовано за допомогою онлайн-сервісу Google Forms. Анкета містила блоки запитань, спрямованих на оцінку практичного досвіду респондентів, сприйняття реалістичності 3D-моделей зубів, а також їхнього впливу на навчальний процес. Протокол дослідження було розглянуто та схвалено комісією з питань етики наукових досліджень експериментальних розробок і наукових творів у ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького».

Усі учасники працювали з 3D-літографічними моделями зубів. Більшість респондентів виконували практичні маніпуляції на одній-трьох моделях (59,6%).

Це дослідження було проведено в рамках науково-дослідної ініціативи «Медико-соціальне обґрунтування шляхів покращення якості медичної допомоги на основі персоналізованого підходу», що здійснюється у Львівському національному медичному університеті імені Данила Галицького. Дослідження було частково профінансовано в межах науково-дослідного проєкту МОЗ України «Інтеграція 3D-технологій у медичні дослідження: моделювання друку біоматеріалів для військової медицини» (реєстраційний номер: 0126U001827), а також за підтримки Національного фонду досліджень України (проєкт № 2025.02/0014).

Результати дослідження. Аналіз отриманих даних проведеного нами анкетування показав, що попередній досвід роботи студентів із різними видами навчальних моделей був практично однаковим. Так, 22 студенти (46,81 ± 7,28%) раніше працювали зі стандартними пластиковими моделями, тоді як 24 учасники (51,0 ± 7,29%) мали досвід використання моделей із надтвердого гіпсу. Такий розподіл свідчить про те, що 51% (51,0 ± 7,29%) респондентів мали можливість порівняти нові 3D-літографічні моделі з традиційними засобами навчання, що підвищує об'єктивність отриманих результатів. Водночас майже рівномірний розподіл опитуваних щодо попереднього досвіду із цього питання мінімізує ризик переважного впливу звички до певного типу навчального матеріалу на кінцеву оцінку нової технології.

Оцінка респондентами функціональних характеристик літографічних 3D-моделей засвідчила високу відповідність останніх вимогам доклінічного навчання здобувачів спеціальності «Стоматологія». Переважна більшість студентів (72,34 ± 6,52%) (довірчий інтервал – 59,55–85,13%) відзначили, що тактильні відчуття під час препарування літографічних 3D-моделей були наближеними до відчуттів під час роботи з реальними видаленими зубами. Отримані дані свідчать, що механічні властивості матеріалу запропонованих для навчання моделей більшістю студентів оцінювалися як достатньо наближені до властивостей твердих тканин зуба, що забезпечує можливість частково відтворення клінічної ситуації та ефективного відпрацювання навичок препарування в умовах симуляційного навчання. Разом із тим 27,66 ± 6,52% (довірчий інтервал – 14,87–40,45%) респондентів не відчули під час препарування, а отже, не відзначили повної відповідності тактильних характеристик, що, ймовірно, пов'язано з індивідуальними особливостями сприйняття, різним рівнем практичного досвіду або відмінностями в попередній роботі з навчальними моделями.

Найвищий показник позитивних відповідей отримано під час оцінки анатомічної точності: 95,74 ± 2,94% студентів (довірчий інтервал – 89,97–101,52%) охарактеризували моделі як такі, що точно відтворюють морфологію зубів. Висока частка позитивних відповідей дає змогу розглядати анатомічну відповідність як одну з основних переваг літографічних 3D-моделей, оскільки саме відтворення із високою точністю морфології коронкової частини зуба, його анатомічних структур, зокрема оклюзійного рельєфу, сприяє ефективному опануванню навичок препарування, здійсненню

ISSN 3041-1394 (Print), ISSN 3041-1408 (Online)

реставрації та моделювання «анатомічного рельєфу» зуба, насамперед його оклюзійної поверхні, що є найскладнішим моментом під час виконання прямих композитних реставрацій. Усі це має суттєве значення для формування просторового мислення студентів і розвитку навичок виконання мінімально інвазивних втручань.

Високі значення стверджувальних відповідей зафіксовано під час оцінки адгезивних властивостей моделей. Хороші адгезивні взаємодії матеріалу зубів моделей щелеп із сучасними композитними системами підтвердили 89,36 ± 4,50% (довірчий інтервал – 80,55–98,18%) опитаних. Це означає, що майже дев'ять із десяти студентів змогли повноцінно відпрацьовувати етапи адгезивного протоколу, включно з кондиціонуванням поверхні, нанесенням адгезиву та виконанням реставрації композитними матеріалами. Подібний результат є надзвичайно важливим, оскільки більшість традиційних пластикових моделей не дають змоги якісно відпрацьовувати саме адгезивні клінічні маніпуляції.

Під час повторного опитування через 1–3 місяці після використання моделей було встановлено стійкий позитивний вплив їх застосування на навчальний процес. Переважна більшість студентів (91,49 ± 4,07%) (довірчий інтервал – 84,51–99,47%) повідомили про покращення розуміння тривимірної анатомії зубів і зубних дуг. Аналогічна частка респондентів (91,49 ± 4,07%) (довірчий інтервал – 84,51–99,47%) відзначила покращення відчуття глибини препарування, опору твердих тканин і контролю положення стоматологічного інструменту. Настільки високий рівень позитивних відповідей свідчить, що використання літографічних 3D-моделей не лише забезпечує одноразовий навчальний ефект, а й сприяє формуванню стійких професійних навичок, необхідних для подальшої клінічної практики.

Важливим є вивчення рівня психологічної готовності студентів до лікування реальних пацієнтів після практичних тренінгів. Так, відповідно до даних анкетування, майже три чверті учасників дослідження (74,47 ± 6,36%) (довірчий інтервал – 62,00–86,93%) повідомили про підвищення власної впевненості після роботи із запропонованими моделями. Незважаючи на те що цей показник є дещо нижчим порівняно з оцінкою мануальних навичок, він все ж таки демонструє важливий освітній ефект симуляційного навчання. Формування професійної впевненості є одним із ключових чинників успішної адаптації студентів до клінічного етапу підготовки, а використання моделей, максимально наближених до реальних клінічних умов, сприяє зниженню психологічного навантаження під час переходу до лікування пацієнтів.

Порівняльний аналіз із традиційними навчальними моделями підтвердив переваги запропонованої технології. За результатами порівняння зі стандартними пластиковими фантомами 63,83 ± 7,01% (довірчий інтервал – 50,09–77,57%) студентів оцінили якість літографічних 3D-моделей як вищу, тоді як ще 36,17 ± 7,01% (довірчий інтервал – 22,43–49,91%) визнали їх принаймні рівноцінними. Таким чином, сумарно 100% респондентів не виявили переваг традиційних пластикових моделей, що свідчить про практично повну підтримку впровадження нової технології у навчальний процес.

Показовими були отримані нами результати порівняння запропонованих моделей із моделями з надтвердого гіпсу під час відпрацювання практичних навичок. Переважна більшість студентів (89,36 ± 4,50%) (довірчий інтервал – 80,55–98,18%) зазначили, що літографічні 3D-моделі є більш ефективними або мають суттєві переваги під час навчання. Результати отриманих відповідей під час оцінки запропонованих моделей для відпрацювання практичних навичок можуть пояснюватися поєднанням їхньої високої анатомічної точності, добрими механічними характеристиками матеріалу та можливістю виконання повного циклу сучасних реставраційних маніпуляцій, що є недоступним або суттєво обмеженим у разі використання гіпсових моделей.

ISSN 3041-1394 (Print), ISSN 3041-1408 (Online)

За результатами аналізу окремих переваг технології найвищу оцінку отримала анатомічна точність моделей (95,74 ± 2,94%) (довірчий інтервал – 89,97–101,52%), що ще раз підтверджує ключову роль високоякісної цифрової репродукції зубів у процесі навчання. Понад половина студентів (53,19 ± 7,28%) (довірчий інтервал – 38,93–67,46%) відзначили можливість повноцінного виконання реставрацій із застосуванням сучасних адгезивних технологій, а також можливість моделювання індивідуалізованих клінічних ситуацій. Незважаючи на те що ці показники є нижчими за оцінку анатомічної точності, вони демонструють суттєву додаткову цінність друкованих 3D-моделей, оскільки дають змогу значно розширити спектр клінічних сценаріїв, які можуть бути відпрацьовані в умовах доклінічного навчання.

Узагальнення отриманих результатів свідчить про комплексний позитивний вплив використання літографічних 3D-моделей на професійну підготовку студентів стоматологічного факультету. Високі показники позитивних відповідей за більшістю досліджуваних параметрів (від 72,3 до 95,7%) свідчать про добру клінічну відповідність моделей, їх високу функціональність та значний освітній потенціал. Особливо важливим є те, що переваги стосувалися не лише окремих технічних характеристик моделей, а й розвитку простового мислення, удосконалення мануальних навичок, формування клінічного мислення та підвищення психологічної готовності студентів до роботи з пацієнтами. Сукупність цих результатів дає змогу розглядати літографічні 3D-моделі як перспективний компонент сучасної системи симуляційної стоматологічної освіти, здатний істотно підвищити ефективність доклінічної підготовки майбутніх лікарів-стоматологів.

Висновки. 1. Інтеграція 3D-друку в освітній процес відкриває нові можливості для навчального процесу, а 3D-друк анатомічних моделей на сьогодні є невід'ємним компонентом супроводу навчального процесу, особливо практичної складової, у стоматологічній освіті.

2. Використання 3D-моделей забезпечує якісно новий рівень симуляційного навчання для кожного здобувача, зокрема стандартизовані умови навчання, усуваючи при цьому ризик перехресного інфікування та даючи можливість багаторазово відпрацьовувати практичні навички без залучення пацієнтів.

3. Доведено, що використання тривимірних технологій підвищує мотивацію студентів та залученість їх до освітнього процесу.

Використання штучного інтелекту. Під час підготовки статті інструменти штучного інтелекту не використовувалися.

Література:

1. Білинський О.Я., Гангур І.Ю., Ізай М.Е., Ізай В.Е. Можливості використання сучасних технологій тривимірного друку в практичній стоматології. *Клінічна стоматологія*. 2026. № 1. С. 60–67. DOI: https://doi.org/10.11603/2311-9624.2026.1.16342.
2. Дворник В.М., Король Д.М., Кіндій Д.Д. та ін. Оцінка ефективності алгоритмів штучного інтелекту та традиційного CAD-моделювання. *Український стоматологічний альманах*. 2026. № 1. С. 47–52. DOI: https://doi.org/10.31718/2409-0255.1.2026.07.
3. Рівіс О.Ю., Попов М.В., Касьяненко Д.М. Ефективність використання цифрових сканерів у діагностиці оклюзійних порушень. *Інновації в стоматології*. 2025. № 3. С. 33–40. DOI: https://doi.org/10.35220/2523-420X/2025.3.5.
4. Халецька В.М., Олійник Р.П., Атаманчук О.В. Цифрова стоматологія як основа персоналізованого планування лікування. *Інновації в стоматології*. 2025. № 3. С. 45–52. DOI: https://doi.org/10.35220/2523-420X/2025.3.6.
5. Dawood A., Marti Marti B., Sauret-Jackson V., Darwood A. 3D printing in dentistry. *British Dental Journal*. 2020. Vol. 228. P. 587–595.
6. Ho A.C.H., Liao C., Lu J. et al. 3-Dimensional Simulations and Student Learning in Orthodontic Education. *European Journal of Dental Education*. 2022. DOI: https://doi.org/10.1111/eje.12718.
7. Hsu M.-S., Yeh C.-L., Cheng S.-J., Lin C.-P. Transforming Dental Morphology Education: The Impact of Three-Dimensional Digital Simulation on Practical Skill Development. *International Dental Journal*.

ISSN 3041-1394 (Print), ISSN 3041-1408 (Online)

2025. Vol. 75, No. 6. P. 1–7.
8. Joda T., Gallucci G.O. Digital dentistry and additive manufacturing in prosthodontics. *Journal of Prosthodontic Research*. 2021. Vol. 65, No. 1. P. 1–9.
9. Karagkounaki A., Pavlou C., Hadjichristou C. 3D printing in dental education: a review of its use across disciplines. *Journal of Dental Education*. 2025. Vol. 89, No. 10. P. 1479–1486. DOI: https://doi.org/10.1002/jdd.13876.
10. Lim K.H., Loo Z.Y., Goldie S.J., Adams J.W., McMenamin P.G. Use of 3D printed models in anatomy and dental education: a systematic review. *Anatomical Sciences Education*. 2020. Vol. 13, No. 4. P. 495–507.
11. Mai H.Y., Mai H.-N., Lee D.-H. Computer-Based 3D Simulation Method in Dental Occlusion Education: Student Response and Learning Effect. *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10, No. 17. Article 6073. DOI: https://doi.org/10.3390/app10176073.
12. Mangano F.G. et al. Digital dentistry: new materials and technologies. *Materials*. 2021. Vol. 14, No. 15. Article 4017.
13. Mello W.M. de, Dutra V., Liedke G.S. 3D printing in dental education: a scoping review. *Medicinae Principia et Practica (Medical Principles and Practice)*. 2026. Vol. 35, No. 2. P. 114–125. DOI: https://doi.org/10.1159/000548395.
14. Noll D. et al. Simulation-based dental education using 3D models: effectiveness and learning outcomes. *European Journal of Dental Education*. 2021. Vol. 25, No. 4. P. 723–731.
15. Reymus M., Liebermann A., Diegritz C., Kessler A. Development and Evaluation of an Interdisciplinary Teaching Model via 3D Printing. *Clinical and Experimental Dental Research*. 2021.
16. Revilla-León M., Özcan M. Additive manufacturing technologies used for processing polymers: Current status and applications in prosthetic dentistry. *Journal of Prosthodontics*. 2019. Vol. 28, No. 2. P. 145–152.

References:

1. Bilynskyi, O.Ya., Hangur, I.Yu., Izai, M.E., & Izai, V.E. (2026). Mozhlyvosti vykorystannia suchasnykh tekhnolohii tryvymirnoho druku v praktychnii stomatolohii [Possibilities of using modern three-dimensional printing technologies in practical dentistry]. *Klinichna stomatolohiia,* (1), 60–67. https://doi.org/10.11603/2311-9624.2026.1.16342 [in Ukrainian].
2. Dvornyk, V.M., Korol, D.M., Kindii, D.D., et al. (2026). Otsinka efektyvnosti alhorytmiv shtuchnoho intelektu ta tradytsiinoho CAD-modeliuvannia [Evaluation of the effectiveness of artificial intelligence algorithms and traditional CAD modeling]. *Ukrainskyi stomatolohichnyi almanakh,* (1), 47–52. https://doi.org/10.31718/2409-0255.1.2026.07 [in Ukrainian].
3. Rivis, O.Yu., Popov, M.V., & Kasianenko, D.M. (2025). Efektyvnist vykorystannia tsyfrovykh skaneriv u diahnostytsi okliuziinykh porushen [Effectiveness of digital scanners in the diagnosis of occlusal disorders]. *Innovatsii v stomatolohii,* (3), 33–40. https://doi.org/10.35220/2523-420X/2025.3.5 [in Ukrainian].
4. Khaletska, V.M., Oliinyk, R.P., & Atamanchuk, O.V. (2025). Tsyfrova stomatolohiia yak osnova personalizovanoho planuvannia likuvannia [Digital dentistry as a basis for personalized treatment planning]. *Innovatsii v stomatolohii,* (3), 45–52. https://doi.org/10.35220/2523-420X/2025.3.6 [in Ukrainian].
5. Dawood, A., Marti Marti, B., Sauret-Jackson, V., & Darwood, A. (2020). 3D printing in dentistry. *British Dental Journal, 228*, 587–595.
6. Ho, A.C.H., Liao, C., Lu, J., et al. (2022). 3-Dimensional simulations and student learning in orthodontic education. *European Journal of Dental Education.* https://doi.org/10.1111/eje.12718.
7. Hsu, M.-S., Yeh, C.-L., Cheng, S.-J., & Lin, C.-P. (2025). Transforming dental morphology education: The impact of three-dimensional digital simulation on practical skill development. *International Dental Journal, 75*(6), 1–7.
8. Joda, T., & Gallucci, G.O. (2021). Digital dentistry and additive manufacturing in prosthodontics. *Journal of Prosthodontic Research, 65*(1), 1–9.
9. Karagkounaki, A., Pavlou, C., & Hadjichristou, C. (2025). 3D printing in dental education: A review of its use across disciplines. *Journal of Dental Education, 89*(10), 1479–1486. https://doi.org/10.1002/jdd.13876.
10. Lim, K.H., Loo, Z.Y., Goldie, S.J., Adams, J.W., & McMenamin, P.G. (2020). Use of 3D printed models in anatomy and dental education: A systematic review. *Anatomical Sciences Education, 13*(4), 495–507.
11. Mai, H.Y., Mai, H.-N., & Lee, D.-H. (2020). Computer-based 3D simulation method in dental occlusion education: Student response and learning effect. *Applied Sciences, 10*(17), Article 6073. https://doi.org/10.3390/app10176073.
12. Mangano, F.G., et al. (2021). Digital dentistry: New materials and technologies. *Materials, 14*(15), Article 4017.
13. Mello, W.M. de, Dutra, V., & Liedke, G.S. (2026). 3D printing in dental education: A scoping review.

ISSN 3041-1394 (Print), ISSN 3041-1408 (Online)

Medicinae Principia et Practica, 35(2), 114–125. https://doi.org/10.1159/000548395.
14. Noll, D., et al. (2021). Simulation-based dental education using 3D models: Effectiveness and learning outcomes. *European Journal of Dental Education, 25*(4), 723–731.
15. Reymus, M., Liebermann, A., Diegritz, C., & Kessler, A. (2021). Development and evaluation of an interdisciplinary teaching model via 3D printing. *Clinical and Experimental Dental Research.*
16. Revilla-León, M., & Özcan, M. (2019). Additive manufacturing technologies used for processing polymers: Current status and applications in prosthetic dentistry. *Journal of Prosthodontics, 28*(2), 145–152.

Конфлікт інтересів: Н. Л. Чухрай є головним редактором журналу. Для забезпечення незалежності редакційного процесу рукопис розглядався уповноваженим редактором, який не перебував у підпорядкуванні автора та не мав конфлікту інтересів. Автор не брав участі у відборі рецензентів, процесі рецензування та прийнятті рішення щодо публікації статті. Рукопис пройшов стандартну процедуру подвійного сліпого рецензування.
Дата першого надходження статті до видання: 03.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 05.11.2026