

УДК 616.31-089.2(048)

DOI <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2026.1.32>**Є.В. Оголь,**

аспірант кафедри щелепно-лицевої хірургії
Навчально-науковий інститут стоматології
Національний медичний університет
імені О.О. Богомольця,
вул. Зоологічна, 1, м. Київ, Україна, індекс 03057
stomat.dekanat@gmail.com
ORCID ID: 0009-0003-0053-3165

Н.С. Проценко,

доктор медичних наук, професор,
кафедра щелепно-лицевої хірургії
та сучасних стоматологічних технологій, директор
Університетської клініки,
Національний медичний університет
імені О.О. Богомольця,
вул. Володимира Винниченка, 9, м. Київ, Україна, 04053
khrolnina@gmail.com
ORCID ID: 0000-0001-7317-6590

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОРТОПЕДИЧНІЙ СТОМАТОЛОГІЇ

Актуальність. Швидкий розвиток цифрових технологій у стоматології, їхня висока точність, продуктивність і універсальність завдань є одним із найбільш значущих досягнень в ортопедичному лікуванні. Впровадження у клінічну практику цифрових технологій, з одного боку, зменшило кількість помилок та мінімізувало похибки, які допускають при виготовленні незнімних конструкцій аналоговим методом, а з іншого, значно підвищило вимоги до стоматолога-ортопеда. Воно вимагає кардинального перегляду існуючих протоколів, нормативних документів, що регламентують роботу ортопедичної стоматологічної служби, що робить наше дослідження актуальним і потребує подальшого вивчення. **Мета.** Проаналізувати особливості застосування цифрових технологій в ортопедичному лікуванні. **Матеріали та методи.** Для досягнення поставленої мети було здійснено пошук у базах даних Web of Science, Scopus, Google Scholar і PubMed, використано теоретичні методи дослідження, а саме: аналіз, синтез, порівняння, узагальнення, систематизація наукової літератури з проблеми застосування цифрових технологій в ортопедичному лікуванні. **Результати.** Цифрові технології наразі розвиваються та вдосконалюються, надаючи лікарям нові та ефективніші можливості для лікування пацієнтів. Сучасна клініка активно впроваджує цифрову стоматологію, кожна нозологія лікування пацієнтів потребує цифрової лабораторії, зокрема ортопедична стоматологія, ортодонція, дисфункції нижньощелепного суглоба та в інших клінічних ситуаціях. Програмне забезпечення сучасних комп'ютерних томографічних сканерів з конусоподібним пучком дозволяє точно побудувати тривимірне віртуальне зображення. Використання методів 3D на

основі даних КТ забезпечує більшу точність та відтворюваність у вимірюванні відстаней і кутів. Цифрові технології успішно доводять свою ефективність у проведенні комплексної функціональної діагностики. А використання електронних форм і програм у створенні протоколів і наданні міждисциплінарної стоматологічної допомоги пацієнтам з оклюзійною патологією. **Висновки.** Вивчення зазначеної проблеми дає підстави зробити висновок про те, що сучасні наукові джерела містять певну інформацію про використання цифрових технологій стосовно впровадження сучасних цифрових методів у роботі стоматологів. Цифрові технології дозволяють оптимізувати процес збору та обробки діагностичних даних, підвищуючи комфорт лікування та діагностики як для пацієнта, так і для лікаря-стоматолога.

Ключові слова: цифрові технології в стоматології, ортопедичне лікування, цифрова діагностична інформація, комп'ютерна діагностика, цифрове планування, цифрові системи аналізу оклюзії, цифровий протокол.

E.V. Ogol,

Postgraduate Student at the Department of Maxillofacial Surgery Educational and Scientific Institute of Dentistry, Bogomolets National Medical University
1 Zoolohichna street, Kyiv, Ukraine, postal code 03057
stomat.dekanat@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-0053-3165>

N.S. Proshchenko,

Doctor of Medical Sciences, Professor,
Department of Maxillofacial Surgery and Modern Dental Technologies, Director of the University Clinic,
Bogomolets National Medical University,
9 Volodymyra Vynnychenka street, Kyiv, Ukraine,
postal code 04053
khrolnina@gmail.com
ORCID ID: 0000-0001-7317-6590

APPLICATION FEATURES DIGITAL TECHNOLOGIES IN ORTHOPEDIC DENTISTRY

Relevance. The rapid development of digital technologies in dentistry, their high accuracy, productivity and versatility of tasks is one of the most significant achievements in orthopedic treatment. The introduction of digital technologies into clinical practice, on the one hand, reduced the number of errors and minimized errors that are made in the manufacture of fixed structures using the analog method, and on the other hand, significantly increased the requirements for an orthopedic dentist. It requires a radical revision of the existing protocols, regulatory documents regulating the work of the orthopedic dental service, which makes our study relevant and requires further study. **Purpose.** To analyze the features of the use of digital technologies in orthopedic treatment. **Materials and methods.** To achieve this goal, a search was carried out in the databases Web of Science, Scopus, Google Scholar and PubMed, theoretical research methods were used, namely: analysis, synthesis,



comparison, generalization, systematization of scientific literature on the problem of using digital technologies in orthopedic treatment. **Results.** Digital technologies are currently developing and improving, providing doctors with new and more effective opportunities for treating patients. A modern clinic is actively implementing digital dentistry, every nosology of patient treatment requires a digital laboratory, including orthopedic dentistry, orthodontics, mandibular joint dysfunction and in other clinical situations. The software of modern computed tomography scanners with a cone-shaped beam allows you to accurately build three-dimensional virtual image. The use of 3D methods based on CT data provides greater accuracy and reproducibility in measuring distances and angles. Digital technologies are successfully proving their effectiveness in conducting comprehensive functional diagnostics. And the use of electronic forms and programs in the creation of protocols and the provision of interdisciplinary dental care to patients with occlusive pathology. **Conclusions.** The study of this problem gives grounds to conclude that modern scientific sources contain some information about the use of digital technologies in relation to the introduction of modern digital methods in the work of dentists. Digital technologies allow optimizing the process of collecting and processing diagnostic data, increasing the comfort of treatment and diagnosis for both the patient and the dentist.

Key words: digital technologies in dentistry, orthopedic treatment, digital diagnostic information, computer diagnostics, digital planning, digital occlusion analysis systems, digital protocol.

Актуальність. Швидкий розвиток цифрових технологій у стоматології, їх висока точність, продуктивність і універсальність завдань є одним із найбільш значущих досягнень в ортопедичному лікуванні. Впровадження у клінічну практику цифрових технологій, з одного боку, зменшило кількість помилок та мінімізувало похибки, які допускають при виготовленні незнімних конструкцій аналоговим методом, а з іншого, значно підвищило вимоги до стоматолога-ортопеда. Воно вимагає кардинального перегляду існуючих протоколів, нормативних документів, що регламентують роботу ортопедичної стоматологічної служби, що робить наше дослідження актуальним і потребує подальшого вивчення.

Мета. Проаналізувати особливості застосування цифрових технологій в ортопедичному лікуванні.

Матеріали та методи. Для досягнення поставленої мети було здійснено пошук у базах даних Web of Science, Scopus, Google Scholar і PubMed, використано теоретичні методи дослідження, а саме: аналіз, синтез, порівняння, узагальнення, систематизація наукової літератури з проблеми застосування цифрових технологій в ортопедичному лікуванні.

Результати. Цифрові технології наразі розвиваються та вдосконалюються, надаючи лікарям нові та ефективніші можливості для лікування пацієнтів. Сучасна клініка активно впроваджує цифрову стоматологію, кожна нозологія лікування пацієнтів потребує цифрової лабораторії, зокрема ортопедична стоматологія, ортодонтія, дисфункції нижньощелепного суглоба та в інших клінічних ситуаціях. Одним з головних завдань лікаря-стоматолога є створення комфортних умов для пацієнта з використанням цифрових технологій: етапи та кількість візитів скорочуються, ортопедичні конструкції якісніші та мають високу естетику [2, 5, 6, 7].

Результати досліджень говорять про те, що цифрові технології використовують і в хірургічній стоматології, виготовляються шаблони для імплантації. В терапевтичній стоматології використовувалися ультразвукові коливання, починаючи від зняття зубних відкладень до видалення зубів. [3, 5].

На думку Arlen J., цифрові технології широко застосовуються на всіх етапах ортопедичного та підготовчого етапів хірургічного лікування. Santos G., Voksman L., Santos M. стверджують, що технології CAD/CAM є невід'ємною частиною роботи ортопедичного стоматолога. Для підтримки цих передових технологій пропонується цифрове діагностичне обладнання – сканери, якими можна проводити дослідження у ротовій порожнині і в in vitro [9, 29].

Kang J.M., et al., Leonardi R. et al., Sollenius O. et al., зауважують, що програмне забезпечення сучасних комп'ютерних томографічних сканерів з конусоподібним пучком дозволяє точно побудувати тривимірне віртуальне зображення, яке досліджується, переглядати відеоопівку з обертанням об'єкта навколо будь-якої осі. Отримані 2D та 3D моделі можуть точно визначати щільність денситометрії кісток і м'яких структур, виконувати кутові та лінійні зміни в цікавих ділянках черепно-лицевого комплексу та планувати хід хірургічних утручань [23, 24, 32].

За дослідженнями Ovsenik M., Sygouros A. et al., Talaat S. et al., традиційні методи 2D візуалізації мають певні обмеження, що впливають на точність визначення анатомічних орієнтирів та зумовлюють появу похибок при проведенні вимірювань; крім того, горизонтальні повороти голови при проведенні дослідження суттєво позначаються на точності вимірювань [28, 33, 34].

Vişu, Y.M. et al., стверджують, що для діагностики стану пацієнтів в стоматології використовують

ють комп'ютерну томографію (КТ). В минулому ускладнення після лікування зубів були пов'язані з рентгеном, лікарі отримували лише двовимірне зображення, а з появою КТ-дослідження з'явилася об'ємна діагностика коронкової частини зуба та тканин зубощелепної системи будь-якої глибини. Впродовж еволюції томографів зображення стає якісним, що полегшує діагностику та покращує ефективність лікування пацієнтів [12].

Tonin RH et al., у своїх наробках зазначає, про те, що використання методів 3D цефалометрії на основі даних КТ позбавлено технічних недоліків і забезпечує більшу точність та відтворюваність, як у визначенні анатомічних орієнтирів, так і у вимірюванні відстаней і кутів [35].

На думку Chowdhary R., Sonnahalli N., Silva P. et al., сучасні інтраоральні сканери набувають популярності на клінічних прийомах. Внутрішньооральні сканери («Primescan», Dentsply Sirona, Німеччина; «Emerald S», Planmeca, Фінляндія; «TRIOS 4», 3Shape, Данія; «iTero Element 5D Plus», Align, США; «CS 3700», Carestream Dental, США; «Virtuo Vivo», Dental Wings, Канада; «WOW Scanner», Biotech Dental, Франція; «Heron IOS», 3DISC, США) дозволяють відмовитися від традиційних і трудомістких методів взяття відбитків (діагностичних, робочих і контрольних), швидко і точно сканувати зуби та зубні дуги, реєструвати отриману інформацію у форматі STL і разом із отриманими даними дуги передати їх до віртуального артикуляторного модуля для проектування надбудови в програмі EхoCad. [15, 31].

Clark, W.J., De Almeida R. et al., Dzingle J. et al., наголошують, що практичні можливості CAD/CAM систем («Cерcon Degudent», Німеччина; «3Shape», Данія; «Cерес», Німеччина; «Katana», Японія) зробили можливим цифрове планування. Оснащення та програмне забезпечення CAD/CAM виробництва ортопедичних конструкцій постійно оновлюється; даний процес дозволяє удосконалити і покращити лікування пацієнтів. Серед матеріалів, які використовуються для цифрових робіт CAD/CAM, впроваджуються все нові матеріали керамічних мас та металів, за допомогою, яких можливо виготовити різні ортопедичні конструкції, практично усунувши ручну працю стоматологічного техника. Конструкції, які виготовлялись за цифровими технологіями та з сучасних матеріалів, довели свою клінічну перевагу та високу ефективність у порівнянні з традиційними металокерамічними реставраціями [16, 17, 21].

Di Palma E. et al., Jagger, R., Lo Giudice, A. et al., наголошують, що моделювання в цифровому модулі

віртуального артикулятора дозволяє стоматологу створити 3D-модель, з високою точністю симулювати індивідуальні рухи нижньої щелепи, планувати оклюзію, діагностувати патології прикусу та проектувати ортопедичні конструкції (коронки, вініри) ще до початку лікування [20, 22, 26].

На етапі діагностики та лікування пацієнтів із зубощелепними деформаціями, корекції прикусу або з неправильним положенням зубів стоматологи використовують сучасні методи дослідження: сканування, отримання цифрових відбитків; 2D-прогнозування майбутніх конструкцій; 3D-візуалізація постійної конструкції [3, 7].

Цифрова технологія MODJAW використовується у реставраційній стоматології; вона дозволяє інтегрувати динаміку в морфологічні дані. Це високочастотна камера, яка швидко аналізує індивідуальні функціональні рухи пацієнта та анімує статичні 3D-моделі [27].

Botos, A.M., Bouchard C. et al., de L.S. de Lira A., Schupp W. et al., у своїх працях доводять, що електронні аксіографічні системи широко використовуються для отримання цифрової діагностичної інформації про зміщення шарнірних голівок нижньої щелепи та фіксації її різних рухів по площинах («Arcus Digma 2», KaVo, Німеччина) та кінезіографія («Jaw Tracker», Bioresearch, США), яка замінила механічні системи запису як альтернативи (Condylgraph, GAMMA, Австрія; Ахі-Pro, KaVo, Німеччина; Quick-Axis, F.A.G., Франція) до ортопедичного та ортодонтичного лікування, перед хірургічними реконструктивними втручаннями на щелепах, імплантацією зубів, а також перед терапією шиною при лікуванні дисфункції м'язово-суглобового суглоба, зміщення внутрішньо суглобового диска в різних напрямках тощо [13, 14, 18, 30].

На думку Ayuso-Montero R. et al., цифрові технології успішно довели свою ефективність у проведеному комплексній функціональній діагностиці. Останнє покоління інноваційного комп'ютерного діагностичного комплексу «BioPak» (BioResearch, США), представлене електроміографом третього покоління – аналізатором шумових коливань елементів скронево-нижньощелепного суглоба. Цей пристрій призначений для аналізу рухів нижньої щелепи, стимулятора і пристрою для аналізу оклюзії третього покоління, дозволяє точно оцінити функціональну консистенцію скронево-нижньощелепного суглоба. Також об'єктивно вивчає стрес м'язів краніофасіального комплексу та отримує відповідні графіки, 2D і 3D зображення для створення діагностичних протоколів

і проведення консультацій пацієнтів з оклюзивною патологією [11].

Дослідники Assad-Loss T.F. et al., Demura, N., Kang H.K. et al., зазначають, що подальший розвиток комп'ютерних платформ дає змогу успішно використовувати їх у створенні та архівуванні електронних медичних записів, підтримці реєстрації, проведенні спеціальних діагностичних ортопедичних і ортодонтичних втручань, плануванні реконструктивних втручань та операцій з встановлення ортопедичних імплантатів [10, 19, 23].

Botos, A. et al., Lo Giudice, A. et al., у своїх наукових працях зазначають, що цифровий протокол змінив не лише діагностичні підходи, але й філософію лікування даної категорії пацієнтів та особливості міждисциплінарної взаємодії на етапах лікування. Він розкриває додаткові можливості в діагностиці, аналізі анатомічних порушень в трьох площинах, формуванні, представленні та реалізації плану лікування, збільшує його точність і прогнозованість, а також зменшує ризики, пов'язані із впливом суб'єктивних чинників та підвищує ефективність лікування складних асиметричних форм зубощелепних аномалій. А використання електронних форм і програм у створенні протоколів і наданні міждисциплінарної стоматологічної допомоги пацієнтам з оклюзійною патологією [13, 26].

Автори Chowdhary R, et al., Silva PF., et al., Wu M-L, et al., наголошують, що застосування цифрових систем аналізу оклюзії дозволяє об'єктивно оцінити оклюзійні сили. Розширити за допомогою біомеханічного моделювання, наприклад, методом кінцевих елементів (FEM), це дає змогу математично моделювати: розподіл напруг і деформацій у компонентах системи «імплантат–абатмент/платформа–коронка»; врахувати вплив кута встановлення абатмента/платформи на рівень напружень; порівняти зносостійкість матеріалів при довготривалому жувальному навантаженні; зробити оцінку мікрорухів у з'єднаннях, які можуть призводити до розхитування або переломів зубів [15, 31, 38].

Автори Almqam B.S. et al., Li N. et al., наголошують, що за останнє десятиліття конусно-променева комп'ютерна томографія зайняла провідне місце в рентгенівській діагностиці, але для вивчення та подальшої інтерпретації цифрової інформації лікар має використовувати відповідне програмне забезпечення та практичні навички для роботи з нею, що вимагає додаткової професійної підготовки [8, 25].

Висновки. Отже, вивчення зазначеної проблеми дає підстави зробити висновок про те, що

сучасні наукові джерела містять певну інформацію про використання цифрових технологій стосовно впровадження сучасних цифрових методів у роботі стоматологів. Цифрові технології дозволяють оптимізувати процес збору та обробки діагностичних даних, підвищуючи комфорт лікування та діагностики як для пацієнта, так і для лікаря-ортодонта.

Прогрес у вдосконаленні цифрових технологій відкриває перспективний шлях для розвитку стоматологічної діагностики, високоточного лікування та реабілітації пацієнтів. Віртуальний супровід хворих із стоматологічними захворюваннями сприяє раціоналізації та індивідуалізації заходів лікування, уніфікації багатьох його процесів. Незважаючи на певні досягнення у вивченні даної проблематики, вона потребує подальшого вивчення, зокрема, що стосується впливу технологій останнього покоління на якість ортопедичного лікування та наслідків їх застосування.

Література:

1. Електронний документ «Клінічна настанова, заснована на доказах «Ортодонтія та щелепно-лицева ортопедія», 2023, <https://surl.li/umtlyz>
2. Костюк Т.М., Канюра, О.А. Рання діагностика м'язово-суглобової дисфункції скронево-нижньощелепного суглобу за допомогою комп'ютерної системи додатку. *Український науково-медичний молодіжний журнал*. 2019. №4 (112). С. 6-11.
3. Павличук Т., Черногорський Д., Чепурний Ю., Андреас Н., Копчак А. Застосування CAD/CAM технологій при хірургічному лікуванні переломів голівки нижньої щелепи. *Український науково-медичний журнал*. 2019. №4(112). С. 23-31 DOI: 10.32345/USMYJ.3(111).2019.23-31
4. Про затвердження Протоколів надання медичної допомоги за спеціальностями «ортопедична стоматологія», «терапевтична стоматологія», «хірургічна стоматологія», «ортодонтія», «дитяча терапевтична стоматологія», «дитяча хірургічна стоматологія»: Наказ МОЗ України від 23.11.2004 № 566. <https://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=9473>
5. Проценко Н.С. Впровадження CAD/CAM технологій в ортопедичній стоматології. *Вісник стоматології*. 2024. №126(1). С. 233-236. DOI: 10.35220/2078-8916-2024-51-1.39
6. Проценко Н.С., Проценко А.М. Аналіз нейром'язових та оклюзійних характеристик зубощелепного апарату в пацієнтів за допомогою методу електроміографії із застосуванням приладу TEETHAN. *Клінічна стоматологія*. 2024. №(2). С. 20–28. DOI: 10.11603/2311-9624.2024.2.14834
7. Цифрові технології у стоматології. Lipinski. 2023. <https://surl.li/hilidm>

8. Almaqrami B.S., Alhammadi M.S., Tang B. et al. Three-dimensional morphological and positional analysis of the temporomandibular joint in adults with posterior crossbite: A cross-sectional comparative study. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2021. Vol. 48, №6. P. 666-677.
9. Hurt A.J. Digital technology in the orthodontic laboratory. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012. №141(2). P. 245-7. DOI: 10.1016/j.ajodo.2011.06.045.;
10. Assad-Loss T.F., Kitahara-Céia F.M.F., Silveira G.S., Elias C.N., Mucha J.N. Fracture strength of orthodontic mini-implants. *Dental Press J Orthod*. 2017. 22(3). P. 47-54. DOI: 10.1590/2177-6709.22.3.047-054.oar.
11. Ayuso-Montero R., Mariano-Hernandez Y., Khoury-Ribas L., Rovira-Lastra B., Willaert E., Martinez-Gomis J. Reliability and Validity of T-scan and 3D Intraoral Scanning for Measuring the Occlusal Contact Area. *J Prosthodont*. 2020. №29(1). P. 19-25. DOI: 10.1111/jopr.13096.
12. Bichu Y.M., Hansa I., Bichu A.Y., Premjani P., Flores-Mir C. Vaid N.R. Applications of artificial intelligence and machine learning in orthodontics: a scoping review. *Progress in Orthodontics*. 2021. 22(1), 18. DOI: 10.1186/s40510-021-00361-9.
13. Botos A.M., Mesaros A.S., Zimbran A.I. The contribution of computerized axiography to the functional evaluation of the temporomandibular joint: a case report. *Clujul Med*. 2016. №89(3). P. 438-42. DOI: 10.15386/cjmed-618.
14. Bouchard C., Goulet J.P., El-Ouazzani M., Turgeon A.F. Temporomandibular lavage versus nonsurgical treatments for temporomandibular disorders: a systematic review and meta-analysis. *J. Oral Maxillofac*. 2017. Vol. 75, №7. P. 1352-1362. DOI: 10.1016/j.joms.2016.12.027
15. Chowdhary R., Sonnahalli N.K. Clinical applications of the T-Scan quantitative digital occlusal analysis technology: a systematic review. *Int J Comput Dent*. 2024. №27(1). P. 49-86. DOI: 10.3290/j.ijcd.b3945153 36928754.
16. Clark W.J. Twin Blocks designed for 24-hour wear. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2019. №156(3). P. 295. DOI: 10.1016/j.ajodo.2019.05.006.
17. de Almeida Rde C., da Rosa W.L., Boscato N. The Effect of Occlusal Splint Pretreatment on Mandibular Movements and Vertical Dimension of Occlusion in Long-Term Complete Denture Wearers. *Int J Prosthodont*. 2016. №29(3). P. 287-9. DOI: 10.11607/ijp.4369
18. de Lourdes Sá de Lira A., Vasconcelos Fontenele M.K. Relationship between Pathological Occlusal Changes and the Signs and Symptoms of Temporomandibular Dysfunction. *Turk J Orthod*. 2020. №33(4). P. 210-215. DOI: 10.5152/TurkJOrthod.2020.20035.
19. Demura N., Hasumoto M., Demura T. Nonsurgical orthodontic treatment of adolescent patients with severe jaw deformities. *J. Clin. Orthod*. 2018. Vol. 52(9). P. 477-483.
20. Di Palma E., Tepedino M., Chimenti C., Tartaglia G.M., Sforza C. Effects of the functional orthopaedic therapy on masticatory muscles activity. *J Clin Exp Dent*. 2017. №9(7). P. e886-e891. DOI: 10.4317/jced.53986.
21. Dzingile J., Mehta S., Chen P.J., Yadav S. Correction of Unilateral Posterior Crossbite with U-MARPE. *Turk J Orthod*. 2020. №33(3). P. 192-196. DOI: 10.5152/TurkJOrthod.2020.20034.
22. Jagger R., King E. Occlusal Splints for Bruxing and TMD - A Balanced Approach? *Dental Update*. 2018. Vol. 10(45). P. 912-918
23. Kang J.M., Park J.H., Bayome M., Oh M., Park C.O., Kook Y.A., Mo S.S. A three-dimensional finite element analysis of molar distalization with a palatal plate, pendulum, and headgear according to molar eruption stage. *Korean J Orthod*. 2016. №46(5). P. 290-300. DOI: 10.4041/kjod.2016.46.5.290.
24. Leonardi R., Muraglie S., Lo Giudice A., Aboulazm K.S., Nucera R. Evaluation of mandibular symmetry and morphology in adult patients with unilateral posterior crossbite: a CBCT study using a surface-to-surface matching technique. *Eur J Orthod*. 2020. №42(6). P. 650-657. DOI: 10.1093/ejo/cjz106.
25. Li N., Hu B., Mi F., Song J. Preliminary evaluation of cone beam computed tomography in three-dimensional cephalometry for clinical application. *Exp Ther Med*. 2017. №13(5). P. 2451-2455. DOI: 10.3892/etm.2017.4278.
26. o Giudice A., Nucera R., Ronsivalle V., Di Grazia C., Rugeri M., Quinzi V. Enhancing the diagnosis of maxillary transverse discrepancy through 3-D technology and surface-to-surface superimposition. Description of the digital workflow with a documented case report. *Eur J Paediatr Dent*. 2020. №21(3). P. 213-218. DOI: 10.23804/ejpd.2020.21.03.11.
27. Modjaw. Digital Dental Technology. Champel Dental Centre. Champel Dental Centre. 2021. <https://www.cdchampel.ch/en/soins-dentaires/la-technologie-numerique-modjaw/>
28. Ovsenik M. Assessment of malocclusion in the permanent dentition: reliability of intraoral measurements. *Eur J Orthod*. 2007. №29(6). P. 654-9. DOI: 10.1093/ejo/cjm084..
29. Santos G., Boksman L. Santos M. CAD/CAM-technology and 5. esthetic dentistry: a case report. Coesthetic dentistry: a case report. *Compend. Contin. Educ. Dent*. 2013. №34(10). P. 764, 766, 768.
30. Schupp W., Funke J., Boisseree W., Heller R., Haubrich J. Continuing diagnostics of the temporomandibular and musculoskeletal system (TMS/MSS). *Journal of Aligner Orthodontics*. 2018. №2(3). P. 199-213.
31. Silva P.F., Motta L.J., Silva S.M., Ferrari R.A., Fernandes K.P., Bussadori S.K. Computerized analysis of the distribution of occlusal contacts in individuals with Parkinson's disease and temporomandibular disorder. *Cranio*. 2016. №34(6). P. 358-362. DOI: 10.1080/08869634.2015.1097315.
32. Sollenius O., Golež A., Primožič J., Ovsenik M., Bondemark L., Petrén S. Three-dimensional evaluation of

forced unilateral posterior crossbite correction in the mixed dentition: a randomized controlled trial. *Eur J Orthod*. 2020. №42(4). P. 415-425. DOI: 10.1093/ejo/cjz054

33. Sygouros A., Motro M., Ugurlu F., Acar A. Surgically assisted rapid maxillary expansion: cone-beam computed tomography evaluation of different surgical techniques and their effects on the maxillary dentoskeletal complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014. №146(6). P. 748-57. DOI: 10.1016/j.ajodo.2014.08.013.

34. Talaat S., Kaboudan A., Breuning H., Ragy N., Elshebiny T., Kula K., Ghoneima A. Reliability of linear and angular dental measurements with the OrthoMechanics Sequential Analyzer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015. №147(2). P. 264-9. DOI: 10.1016/j.ajodo.2014.07.027.

35. Tonin R.H., Iwaki Filho L., Yamashita A.L., Ferraz F.W.D.S., Tolentino E.S., Previdelli I.T.D.S., Brum B., Iwaki L.C.V. Accuracy of 3D virtual surgical planning for maxillary positioning and orientation in orthognathic surgery. *Orthod Craniofac Res*. 2020. №23(2). P. 229-236. DOI: 10.1111/ocr.12363

36. Vasilakos G., Koniaris A., Wolf M., Halazonetis D., Gkantidis N. Early anterior crossbite correction through posterior bite opening: a 3D superimposition prospective cohort study. *Eur J Orthod*. 2018. №40(4). P. 364-371. DOI: 10.1093/ejo/cjx074.

37. Uzun G. An Overview of Dental CAD/CAM Systems. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2014. №22(1). P. 530-535. DOI: 10.1080/13102818.2008.10817506

38. Wu K.C., Lin H.W., Chu P.C., Li C.I., Kao H.H., Lin C.H., Cheng Y.J. A non-invasive mouse model that recapitulates disuse-induced muscle atrophy in immobilized patients. *Sci Rep*. 2023. №13(1). P. 22201. DOI: 10.1038/s41598-023-49732-8.

References:

1. (2023). Elektronnyi dokument «Klinichna nastanova, zasnovana na dokazakh «Ortodontia ta shchelepno-lytseva ortopediia» [Electronic document "evidence-based clinical guidelines "Orthodontics and maxillofacial orthopedics"], <https://surl.li/umtlyz> [in Ukrainian]

2. Kostiuk, T.M., & Kaniura, O.A. (2019). Rannia diahnozyka miazovo-suhlobovoi dysfunksii skronevonyzhnoshchelepnoho suhlobovu za dopomohoiu kompiuternoi systemy dodatku [Early diagnosis of temporomandibular joint musculoskeletal dysfunction using the app's computer system]. *Ukrainskyi naukovomedychnyi molodizhnyi zhurnal – Ukrainian scientific and medical youth Journal*, 4(112), 6-11. [in Ukrainian]

3. Pavlychuk, T., Chernohorskyi, D., Chepurnyi, Yu., Andreas, N., & Kopchak, A. (2019). Zastosuvannia CAD/CAM tekhnolohii pry khirurhichnomu likuvanni perelomiv holivky nyzhnoi shchelepy [Application of CAD / CAM technologies in the surgical treatment of fractures of the lower jaw head]. *Ukrainskyi naukovomedychnyi zhurnal – Ukrainian scientific and medical journal*, 4(112), 23-31 DOI: 10.32345/USMYJ.3(111).2019.23-31 [in Ukrainian]

4. (2004). Pro zatverdzhennia Protokoliv nadannia medychnoi dopomohy za spetsialnostiamy «ortopedychna stomatolohiia», «terapevtychna stomatolohiia»,

«khirurhichna stomatolohiia», «ortodontiia», «dytiacha terapevtychna stomatolohiia», «dytiacha khirurhichna stomatolohiia». [On approval of protocols for providing medical care in the specialties "orthopedic dentistry", "therapeutic dentistry", "surgical dentistry", "orthodontics", "children's therapeutic dentistry", "children's surgical dentistry"]. Nakaz MOZ Ukrainy vid 23.11, 566. <https://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=9473> [in Ukrainian]

5. Proshchenko, N.S. (2024). Vprovadzhenia CAD/CAM tekhnolohii v ortopedychnii stomatolohii [Introduction of CAD / CAM technologies in orthopedic dentistry]. *Visnyk stomatolohii – Stomatological Bulletin*, 126(1), 233-236. DOI: 10.35220/2078-8916-2024-51-1.39 [in Ukrainian]

6. Proshchenko, N.S., & Proshchenko, A.M. (2024). Analiz neiromiazovykh ta okliuziinykh kharakterystyk zuboshchelepnoho aparatu v patsientiv za dopomohoiu metodu elektromiografii iz zastosuvanniam prykladu TEETHAN [Analysis of neuromuscular and occlusal characteristics of the dentoalveolar apparatus in patients using electromyography using the dental device TEETHAN]. *Klinichna stomatolohiia – Clinical Dentistry* (2), 20–28. DOI: 10.11603/2311-9624.2024.2.14834 [in Ukrainian]

7. (2023). Tsyfrovi tekhnolohii u stomatolohii. Lipinskii [Digital technologies in dentistry]. Lipinskii. <https://surl.li/hildm> [in Ukrainian]

8. Almaqrami, B.S., Alhammadi, M.S., Tang, B. & et al. (2021). Three-dimensional morphological and positional analysis of the temporomandibular joint in adults with posterior crossbite: A cross-sectional comparative study. *Journal of Oral Rehabilitation*, 48, 6, 666-677.

9. Hurt, A.J. (2012). Digital technology in the orthodontic laboratory. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 141(2), 245-7. DOI: 10.1016/j.ajodo.2011.06.045.;

10. Assad-Loss, T.F., Kitahara-Céia, F.M.F., Silveira, G.S., Elias, C.N., & Mucha, J.N. (2017). Fracture strength of orthodontic mini-implants. *Dental Press J Orthod*, 22(3), 47-54. DOI: 10.1590/2177-6709.22.3.047-054.oar.

11. Ayuso-Montero, R., Mariano-Hernandez, Y., Khoury-Ribas, L., Rovira-Lastra, B., Willaert, E., & Martinez-Gomis, J. (2020). Reliability and Validity of T-scan and 3D Intraoral Scanning for Measuring the Occlusal Contact Area. *J Prosthodont*, 29(1), 19-25. DOI: 10.1111/jopr.13096.

12. Bichu, Y.M., Hansa, I., Bichu, A.Y., Premjani, P., Flores-Mir, C. & Vaid, N.R. (2021). Applications of artificial intelligence and machine learning in orthodontics: a scoping review. *Progress in Orthodontics*, 22(1), 18. DOI: 10.1186/s40510-021-00361-9.

13. Botos, A.M., Mesaros, A.S., & Zimbran, A.I. (2016). The contribution of computerized axiography to the functional evaluation of the temporomandibular joint: a case report. *Clujul Med*, 89(3), 438-42. DOI: 10.15386/cjmed-618.

14. Bouchard, C., Goulet, J.P., El-Ouazzani, M., & Turgeon, A.F. (2017). Temporomandibular lavage versus nonsurgical treatments for temporomandibular disorders: a systematic review and meta-analysis. *J. Oral Maxillofac*, 75, 7, 1352-1362. DOI: 10.1016/j.joms.2016.12.027

15. Chowdhary, R., & Sonnahalli, N.K. (2024). Clinical applications of the T-Scan quantitative digital

- occlusal analysis technology: a systematic review. *Int J Comput Dent*, 27(1), 49-86. DOI: 10.3290/j.ijcd.b394515336928754.
16. Clark, W.J. (2019). Twin Blocks designed for 24-hour wear. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 156(3), 295. DOI: 10.1016/j.ajodo.2019.05.006.
17. de Almeida Rde, C., da Rosa, W.L., & Boscato, N. (2016). The Effect of Occlusal Splint Pretreatment on Mandibular Movements and Vertical Dimension of Occlusion in Long-Term Complete Denture Wearers. *Int J Prosthodont*, 29(3), 287-9. DOI: 10.11607/ijp.4369
18. de Lourdes, Sá, de Lira, A., & Vasconcelos, Fontenele, M.K. (2020). Relationship between Pathological Occlusal Changes and the Signs and Symptoms of Temporomandibular Dysfunction. *Turk J Orthod*, 33(4), 210-215. DOI: 10.5152/TurkJOrthod.2020.20035.
19. Demura, N., Hasumoto, M., & Demura, T. (2018). Nonsurgical orthodontic treatment of adolescent patients with severe jaw deformities. *J. Clin. Orthod*, 52(9), 477-483.
20. Di Palma, E., Tepedino, M., Chimenti, C., Tartaglia, G.M., & Sforza, C. (2017). Effects of the functional orthopaedic therapy on masticatory muscles activity. *J Clin Exp Dent*, 9(7), e886-e891. DOI: 10.4317/jced.53986.
21. Dzingler, J., Mehta, S., Chen, P.J., Y& adav, S. (2020). Correction of Unilateral Posterior Crossbite with U-MARPE. *Turk J Orthod*, 33(3), 192-196. DOI: 10.5152/TurkJOrthod.2020.20034.
22. Jagger, R., & King, E. Occlusal Splints for Bruxing and TMD - A Balanced Approach? *Dental Update*, 2018. Vol. 10(45). P. 912-918
23. Kang, J.M., Park, J.H., Bayome, M., Oh, M., Park, C.O., Kook, Y.A., & Mo, S.S. (2016). A three-dimensional finite element analysis of molar distalization with a palatal plate, pendulum, and headgear according to molar eruption stage. *Korean J Orthod*, 46(5), 290-300. DOI: 10.4041/kjod.2016.46.5.290.
24. Leonardi, R., Muraglie, S., Lo Giudice, A., Aboulazm, K.S., & Nucera, R. (2020). Evaluation of mandibular symmetry and morphology in adult patients with unilateral posterior crossbite: a CBCT study using a surface-to-surface matching technique. *Eur J Orthod*, 42(6), 650-657. DOI: 10.1093/ejo/cjz106.
25. Li, N., Hu, B., Mi, F., & Song, J. (2017). Preliminary evaluation of cone beam computed tomography in three-dimensional cephalometry for clinical application. *Exp Ther Med*, 13(5), 2451-2455. DOI: 10.3892/etm.2017.4278.
26. o Giudice, A., Nucera, R., Ronsivalle, V., Di Grazia, C., Rugeri, M., & Quinzi, V. (2020). Enhancing the diagnosis of maxillary transverse discrepancy through 3-D technology and surface-to-surface superimposition. Description of the digital workflow with a documented case report. *Eur J Paediatr Dent*, 21(3), 213-218. DOI: 10.23804/ejpd.2020.21.03.11.
27. (2021). Modjaw. Digital Dental Technology. Champel Dental Centre. *Champel Dental Centre*. <https://www.cdchampel.ch/en/soins-dentaires/la-technologie-numerique-modjaw/>
28. Ovsenik, M. (2007). Assessment of malocclusion in the permanent dentition: reliability of intraoral measurements. *Eur J Orthod*, 29(6), 654-9. DOI: 10.1093/ejo/cjm084.
29. Santos, G., Boksmann, L. & Santos, M. (2013). CAD/CAM- technology and 5. esthetic dentistry: a case report. Coesthetic dentistry: a case report. *Compend. Contin. Educ. Dent*, 34(10), 764, 766, 768.
30. Schupp, W., Funke, J., Boisseree, W., Heller, R., & Haubrich, J. (2018). Continuing diagnostics of the temporomandibular and musculoskeletal system (TMS/MSS). *Journal of Aligner Orthodontics*, 2(3), 199-213.
31. Silva, P.F., Motta, L.J., Silva, S.M., Ferrari, R.A., Fernandes, K.P., & Bussadori, S.K. (2016). Computerized analysis of the distribution of occlusal contacts in individuals with Parkinson's disease and temporomandibular disorder. *Cranio*, 34(6), 358-362. DOI: 10.1080/088869634.2015.1097315.
32. Sollenius, O., Golež, A., Primožič, J., Ovsenik, M., Bondemark, L., & Petrén, S. (2020). Three-dimensional evaluation of forced unilateral posterior crossbite correction in the mixed dentition: a randomized controlled trial. *Eur J Orthod*, 42(4), 415-425. DOI: 10.1093/ejo/cjz054
33. Sygouros, A., Motro, M., Ugurlu, F., & Acar, A. (2014). Surgically assisted rapid maxillary expansion: cone-beam computed tomography evaluation of different surgical techniques and their effects on the maxillary dentoskeletal complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 146(6), 748-57. DOI: 10.1016/j.ajodo.2014.08.013.
34. Talaat, S., Kaboudan, A., Breuning, H., Ragy, N., Elshebiny, T., Kula, K., & Ghoneima, A. (2015). Reliability of linear and angular dental measurements with the OrthoMechanics Sequential Analyzer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 147(2), 264-9. DOI: 10.1016/j.ajodo.2014.07.027.
35. Tonin, R.H., Iwaki Filho, L., Yamashita, A.L., Ferraz, F.W.D.S., Tolentino, E.S., Previdelli, I.T.D.S., Brum, B., & Iwaki, L.C.V. (2020). Accuracy of 3D virtual surgical planning for maxillary positioning and orientation in orthognathic surgery. *Orthod Craniofac Res*, 23(2), 229-236. DOI: 10.1111/ocr.12363
36. Vasilakos, G., Koniaris, A., Wolf, M., Halazonetis, D., & Gkantidis, N. (2018). Early anterior crossbite correction through posterior bite opening: a 3D superimposition prospective cohort study. *Eur J Orthod*, 40(4), 364-371. DOI: 10.1093/ejo/cjx074.
37. Uzun, G. (2014). An Overview of Dental CAD/CAM Systems. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 22(1), 530-535. DOI: 10.1080/13102818.2008.10817506
38. Wu, K.C., Lin, H.W., Chu, P.C., Li, C.I., Kao, H.H., Lin, C.H., & Cheng, Y.J. (2023). A non-invasive mouse model that recapitulates disuse-induced muscle atrophy in immobilized patients. *Sci Rep*, 13(1), 22201. DOI: 10.1038/s41598-023-49732-8.

Дата першого надходження рукопису
до видання: 28.03.2026

Дата прийнятого до друку рукопису
після рецензування: 15.04.2026

Дата публікації: 22.05.2026