УДК 616.314-78
DOI https://doi.org/10.32782/3041-1394.2026-2.1

***М.Ю. Гончарук-Хомин**, PhD, доктор філософії, доцент кафедри терапевтичної стоматології, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», вул. Університетська, 16а, м. Ужгород, Україна, індекс 88000, myroslav.goncharuk-khomyn@uzhnu.edu.ua, https://orcid.org/0000-0002-7482-3881*

***А.М. Білей**, PhD-здобувач кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», вул. Університетська, 16а, м. Ужгород, Україна, індекс 88000, anastasiia.bilei@uzhnu.edu.ua, https://orcid.org/0009-0002-7673-6930*

# ПОШИРЕНІСТЬ ВІЗУАЛЬНО ВИДИМИХ ДЕФЕКТІВ РОТАЦІЙНИХ НІКЕЛЬ-ТИТАНОВИХ ЕНДОДОНТИЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА УМОВИ ЇХ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ У КЛІНІЧНІЙ СТОМАТОЛОГІЧНІЙ ПРАКТИЦІ

**Вступ.** Механічне навантаження, якого зазнають нікель-титанові ротаційні ендодонтичні інструменти під час обробки кореневих каналів, може супроводжуватися формуванням структурних змін різного характеру. Частина таких змін представлена макроскопічно ідентифікованими деформаціями робочої частини інструмента, тоді як інші дефекти залишаються невидимими під час звичайного клінічного огляду. Актуальність оцінки візуально видимих дефектів є особливо актуальною для стоматологічних практик, у яких нікель-титанові інструменти використовують повторно після очистки та стерилізації.

**Мета дослідження.** Визначити поширеність та характеристики макроскопічно видимих дефектів повторно використовуваних ротаційних нікель-титанових ендодонтичних інструментів, а також оцінити особливості розподілу таких залежно від ISO-розміру інструмента.

**Матеріали та методи.** Дослідження було організовано як одноцентрове крос-секційне спостережувальне дослідження. Візуальному аналізу було піддано 120 ротаційних нікель-титанових ендодонтичних інструментів, які перебували в повторному клінічному використанні та пройшли стандартний цикл очистки і стерилізації. Огляд проводили неозброєним оком за стандартного освітлення. Інструменти додатково стратифікували за ISO-розміром на групи #15, #20, #25, #30 та #35.

**Результати.** Візуально видимі дефекти були зареєстровані у 37 із 120 проаналізованих інструментів, що відповідало рівню поширеності в 30,83%. Поширеність ідентифікованих дефектів серед файлів різного розміру характеризувалася таким розподілом: серед файлів 15-го розміру – 9/20 (45%), серед файлів 20-го розміру – 11/25 (44%), серед файлів 25-го розміру – 9/35 (25,71%), серед файлів 30-го розміру – 5/22 (22,72%), серед файлів 35-го розміру – 3/18 (16,67%).

**Висновки.** Майже третина повторно використовуваних і стерилізованих ротаційних нікель-титанових інструментів характеризувалася наявністю щонайменше одного дефекту, доступного для візуальної ідентифікації неозброєним оком. Серед проаналізованої вибірки поширеність макроскопічних дефектів була максимальною для інструментів 15-го, 20-го та 25-го розмірів, однак ISO-розмір не слід розглядати як ізольований причинний фактор без урахування специфіки металургійних характеристик і особливостей клінічного використання файлів.

**Ключові слова:** ендодонтія, ротаційні інструменти, ендодонтичні файли, візуальна оцінка, ендодонтичне лікування, кореневі канали, інструментальна обробка.

***M.Yu. Goncharuk-Khomyn**, PhD, Associate Professor at the Department of Restorative Dentistry, State High Educational Institution "Uzhhorod National University", 16a Universitetska Street, Uzhhorod, Ukraine, postal code 88000, myroslav.goncharuk-khomyn@uzhnu.edu.ua, https://orcid.org/0000-0002-7482-3881*

***A.M. Bilei**, PhD-student at the Department of Surgical Dentistry and Clinical Disciplines, State High Educational Institution "Uzhhorod National University", 16a Universitetska Street, Uzhhorod, Ukraine, postal code 88000, anastasiia.bilei@uzhnu.edu.ua, https://orcid.org/0009-0002-7673-6930*

# PREVALENCE OF VISUALLY DETECTABLE DEFECTS IN ROTARY NICKEL-TITANIUM ENDODONTIC INSTRUMENTS UNDER CONDITIONS OF REPEATED USE IN CLINICAL DENTAL PRACTICE

**Introduction.** Mechanical loading to which rotary nickel-titanium endodontic instruments are subjected during root canal preparation may result in structural alterations of different types. Some of these alterations are represented by macroscopically identifiable deformations of the working part of the instrument, whereas other defects remain undetectable during routine clinical inspection. Assessment of visually detectable defects is particularly relevant for dental practices in which nickel-titanium instruments are reused after cleaning and sterilization.

**Aim of the study.** To determine the prevalence and features of macroscopically detectable defects in reused rotary nickel-titanium endodontic instruments and to evaluate the distribution of such defects depending on the ISO size of the instrument.

**Research materials and methods.** The study was designed as a single-center cross-sectional observational investigation. A total of 120 rotary nickel-titanium endodontic instruments that had been repeatedly used in clinical practice and had undergone a standard cleaning and sterilization cycle were subjected to visual analysis. Inspection was performed with the naked eye under standard lighting conditions. The instruments were additionally stratified according to ISO size into groups #15, #20, #25, #30, and #35.

**Results.** Visually detectable defects were identified in 37 of the 120 analyzed instruments, corresponding to an overall prevalence of 30.83%. The prevalence of identified defects among files of different sizes was distributed as follows: among size 15 files – 9/20 (45%); among size 20 files – 11/25 (44%); among size 25 files – 9/35 (25.71%); among size 30 files – 5/22 (22.72%); and among size 35 files – 3/18 (16.67%).

**Conclusion.** Almost one-third of the reused and sterilized rotary nickel-titanium instruments demonstrated at least one defect that could be identified visually with the naked eye. Within the analyzed sample, the prevalence of macroscopic defects was highest among instruments of sizes #15, #20, and #25. However, ISO size should not be considered an isolated causal factor without taking into account the specific metallurgical characteristics of the instruments and the particular features of their clinical use.

**Key words:** endodontics, rotary instruments, endodontic files, visual assessment, endodontic treatment, root canals, mechanical preparation.

**Вступ.** Упровадження нікель-титанових сплавів у виробництво машинних ендодонтичних інструментів суттєво трансформувало підходи до механічної обробки системи кореневих каналів [1; 2]. Висока гнучкість NiTi-сплаву та здатність інструмента адаптуватися до кривизни каналу дають змогу зменшити ризик небажаної транспозиції вихідної анатомічної траєкторії порівняно з більш жорсткими ручними інструментами [1; 2]. Водночас клінічна експлуатація NiTi-файлів супроводжується повторюваними торсійними та згинальними навантаженнями, а отже, асоційована з розвитком структурних порушень робочої частини та ризиком потенційної поломки інструмента під час ендодонтичного лікування [3; 4; 5; 6].

Формування пошкоджень NiTi-інструментів пов'язане насамперед із двома принципово різними, хоча в реальних клінічних умовах взаємопов'язаними механізмами – торсійним перевантаженням і циклічною втомою [7]. За торсійного перевантаження апікальна частина інструмента заклинюється у вузькій частині кореневого каналу, тоді як більш коронально розташована частина файлу продовжує обертатися [7]. Після перевищення діапазону оборотної деформації це може проявлятися розпрямленням, розкручуванням, локальною реверсією чи ущільненням витків, згинанням або деформацією верхівки інструмента [3; 4; 8; 9]. Натомість циклічна втома може формуватися внаслідок повторних циклів розтягу та стискання інструмента у викривленій ділянці каналу і здатна призводити до перелому без попередніх видимих ознак пластичної деформації [2; 6; 7; 8; 9].

Саме ця невідповідність між макроскопічними та мікроскопічними змінами поверхні та структури нікель-титанових ендодонтичних інструментів має особливе практичне значення. У багатьох клінічних ситуаціях рішення


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

про можливість повторного використання ендодонтичного файлу фактично приймається після простого візуального огляду й підтвердження факту відсутності візуально-видимих дефектів. Такий підхід здатний виявити виражені пластичні деформації, однак не дає можливості достовірно виключити локальні поверхневі мікродефекти, мікротріщини чи структурні зміни, асоційовані з накопиченням циклічної втоми [9–15].

Потребує уваги й той факт, що хоча стерилізація ендодонтичних інструментів не тотожна клінічному механізму формування їхньої пластичної деформації, у реальній клінічній практиці NiTi-файли зазнають комбінованих циклів механічного навантаження, очищення й автоклавування, вплив яких на структуру файлів досі остаточно не з'ясовано. Експериментальні дослідження демонструють різні ефекти впливу повторної стерилізації: тоді як одні результати не ототожнюють несприятливі зміни механічних властивостей файлів із певною кількістю циклів стерилізації, інші, навпаки, відмічають зменшення стійкості інструментів до циклічної втоми [16; 17; 18].

З огляду на описану варіативність результатів попередніх досліджень клінічно релевантним є окреме вивчення саме поширеності дефектів, які можуть бути верифіковані неозброєним оком серед інструментів, що фактично залишаються в повторному обігу. Такий підхід хоч і не дасть змоги виявити всі структурні зміни NiTi-файлів, однак сприятиме об'єктивізації кількісної частки інструментів, які вже на етапі звичайного клінічного огляду демонструють ознаки потенційно небажаного механічного зношування, а отже, мають бути вилучені з клінічного використання для запобігання ускладненням у формі сепарацій під час ендодонтичного лікування. Актуальність цієї проблематики також обґрунтована тим фактом, що згідно з даними попередніх досліджень частка лікарів, які використовують нікель-титанові ендодонтичні інструменти повторно у своїй практиці після їх очистки та стерилізації, сягає 74% [19].

**Формулювання мети статті (постановка завдання).** Визначити поширеність та характеристики макроскопічно видимих дефектів повторно використовуваних ротаційних нікель-титанових ендодонтичних інструментів, а також оцінити особливості їх розподілу залежно від ISO-розміру інструмента.

**Матеріали та методи дослідження.** Дослідження було організовано за типом одноцентрового крос-секційного спостережувального дослідження з аналізом фактичного стану ротаційних нікель-титанових ендодонтичних інструментів, які перебували в повторному клінічному використанні в межах однієї стоматологічної клініки (стоматологічна клініка VitRus, м. Ужгород, як клінічна база Навчально-наукового інституту стоматології та лабораторної медицини ДВНЗ «Ужгородський національний університет»).

До досліджуваної вибірки було рандомізованим чином включено 120 ротаційних NiTi-інструментів, які попередньо використовувалися для механічної обробки кореневих каналів та після клінічного застосування пройшли прийнятий у закладі цикл передстерилізаційної очистки і стерилізації. Кількість випадків використання та циклів стерилізації інструментів для досліджуваних зразків не уточнювалися.

Кожен інструмент оглядали неозброєним оком за стандартного освітлення стоматологічного робочого місця. Для підвищення відтворюваності огляду файл розташовували на контрастному однотонному фоні та послідовно обертали навколо поздовжньої осі, оцінюючи всю доступну довжину робочої частини. Використання оптичного збільшення, стереомікроскопії чи сканувальної електронної мікроскопії не передбачалося, оскільки дизайн дослідження був цілеспрямовано орієнтований на відтворення звичайної клінічної процедури огляду файлу перед повторним застосуванням.

Під час формування системи категоризації макроскопічних дефектів було враховано підходи, описані Sattapan B. та співавторами


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

[3], Chakka N.V.M.K. та співавторами [9], а також Aziz S. та колегами [8]. У структурі цього дослідження реєстрували такі варіанти змін: 1) розпрямлення або розкручування спірального контуру – локальне збільшення кроку спіралі, втрата характерної конфігурації чи візуально видиме «розтягнення» витків; 2) часткове зворотне закручування або ущільнення витків – локальна реверсія вихідної конфігурації чи зменшення відстані між сусідніми витками; 3) деформація верхівки – макроскопічно видимий загин або зміна форми апікального фрагмента (включно з випадками її сепарації); 5) локальна макроскопічна деформація ріжучої кромки – візуально виражена вм'ятина або порушення безперервності ріжучої геометрії.

Для уникнення ефекту подвійного підрахунку за одночасної наявності декількох ознак конкретний інструмент відносили до категорії відповідно до найбільш вираженої первинної деформації.

Для додаткової оцінки зв'язку між розміром інструмента та частотою візуально виявлюваних дефектів файли стратифікували відповідно до ISO-розміру верхівки на п'ять груп: 15 (розмір верхівки – 0,15 мм), 20 (розмір верхівки – 0,20 мм), 25 (розмір верхівки – 0,25 мм), 30 (розмір верхівки – 0,30 мм) та 35 (розмір верхівки – 0,35 мм).

Кількісний розподіл інструментів різного розміру в рандомізовано сформованому пулі досліджуваних файлів був представлений такими співвідношеннями: 15-го розміру – 20 файлів, 20-го розміру – 25 файлів, 25-го розміру – 35 файлів, 30-го розміру – 22 файли, 35-го розміру – 18 інструментів.

Групування та первинну систематизацію даних проводили у Microsoft Excel 2019 (Microsoft Corporation, США) та статистичного пакета XLSTAT версії 2021.2.2 (Addinsoft SARL, Париж, Франція). Категоріальні показники представляли у формі абсолютної кількості спостережень та відсотків. Загальну неоднорідність частоти дефектів між групами файлів різного розміру оцінювали за критерієм $\chi^2$ Пірсона; критичний рівень статистичної значущості встановлювали за $p < 0,05$.

**Результати та їх обговорення.** За результатами візуальної оцінки 120 повторно використовуваних та стерилізованих ротаційних нікель-титанових ендодонтичних інструментів щонайменше один макроскопічно ідентифікований дефект був встановлений серед 37 проаналізованих файлів, що відповідало загальній поширеності у 30,83%.

Класична робота Sattapan B. та співавторів є однією з найбільш цитованих клінічних робіт, присвячених морфології дефектів NiTi-файлів після використання, у якій автори проаналізували 2000 інструментів, вилучених із рутинного клінічного використання у спеціалізованій ендодонтичній практиці, і майже половина файлів мала певний вид видимого дефекту [3]. Отримані результати принципово підтвердили, що частина NiTi-файлів перед остаточною сепарацією може демонструвати макроскопічно доступні ознаки торсійного перевантаження.

У проведеному нами дослідженні найбільшу частку серед усіх візуально виявлених дефектів становили випадки розпрямлення або розкручування спірального контуру – 21 із 37 випадків (56,75%). У масштабі всієї досліджуваної вибірки цей тип структурної зміни був відмічений серед 17,5% всіх проаналізованих файлів (рис. 1).

У роботі Aziz S. та співавторів розпрямлення та розкручування спірального контуру також було ідентифіковано як найчастіша макроскопічна зміна, яка відмічалася серед 19% досліджуваних файлів після одного клінічного використання [8]. Parashos P. та співавтори зареєстрували розкручування у 12% інструментів з великої багатоцентрової вибірки клінічно використаних NiTi-файлів [4].

Часткове зворотне закручування або локальне ущільнення витків було представлене 8 випадками (21,62% серед дефектних інструментів; 6,66% загальної вибірки). Цей тип зміни має окреме клінічне значення, оскільки Sattapan B. та співавтори пов'язували


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

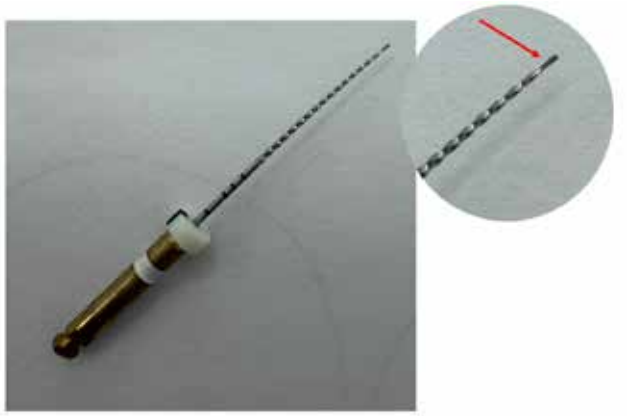


**Рис. 1. Приклад файлу 15-го розміру з ознаками розкручування в апікальній частині інструмента**

видимі зміни спіральної конфігурації з торсійно обумовленою пластичною деформацією [3], тоді як Chakka N.V.M.K. та колеги застосовували послідовне поєднання критеріїв розпрямлення, часткової реверсії та ущільнення витків як морфологічну основу градації ступеня торсійного пошкодження [9].

Деформація верхівки була представлена 6 випадками (16,21% від усіх зареєстрованих дефектів; 5,0% від усіх проаналізованих інструментів), а груба локальна візуалізована деформація ріжучої кромки – 2 випадками (5,41% від усіх зареєстрованих дефектів; 1,67% від усіх проаналізованих інструментів) (рис. 2–3).

Порівняно невелика частота останньої категорії дефектів (візуалізована деформація ріжучої кромки) є логічною для дизайну дослідження без використання додаткового оптичного збільшення, оскільки дрібні вм'ятини ріжучої кромки, мікротріщини, подряпини та локальне притуплення значно краще виявляються стереомікроскопічно або за допомогою сканувальної електронної мікроскопії [14]. Tripi T.R. та співавтори під час аналізу ендодонтичних інструментів із використанням технології сканувальної електронної мікроскопії продемонстрували збільшення кількості подряпин і притуплених ріжучих країв після їх клінічного використання навіть за відсутності вираженої пластичної деформації [15].

Аналіз розподілу за ISO-розміром продемонстрував неоднорідну поширеність макроскопічних дефектів: серед файлів 15-го розміру – 9/20 (45%), серед файлів 20-го розміру – 11/25 (44%), серед файлів 25-го розміру – 9/35 (25,71%), серед файлів 30-го розміру – 5/22 (22,72%), серед файлів 35-го розміру – 3/18 (16,67%) (рис. 4–5).

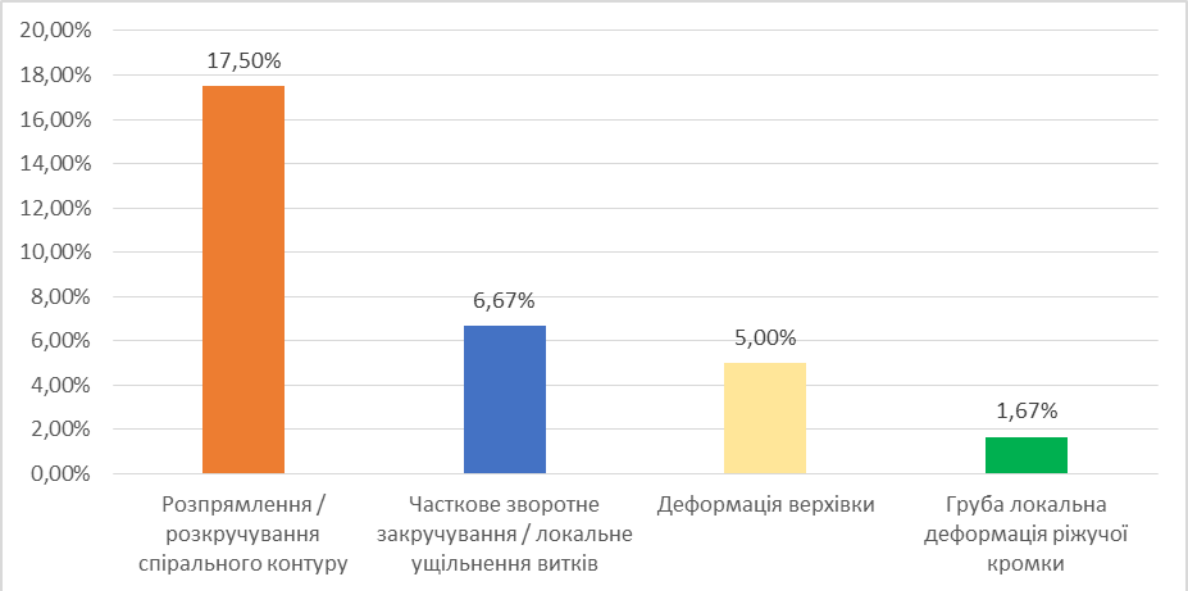



**Рис. 2. Поширеність різних типів дефектів серед проаналізованого пулу 120 ендодонтичних файлів**

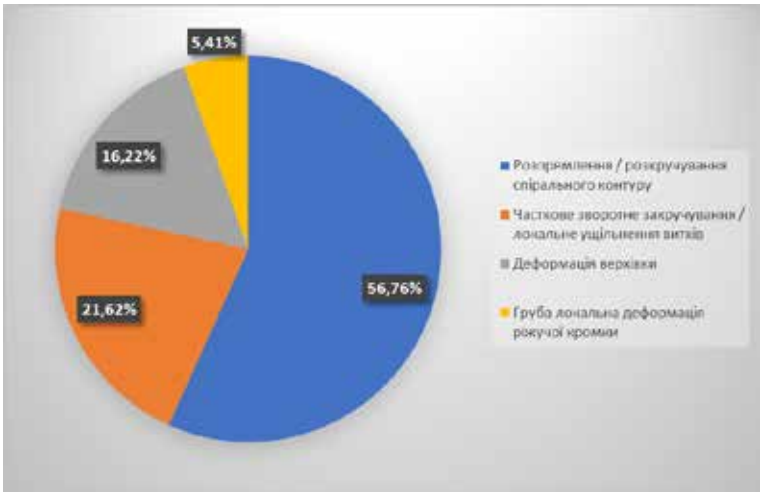



**Рис. 3. Розподіл різних типів дефектів серед усіх зареєстрованих**

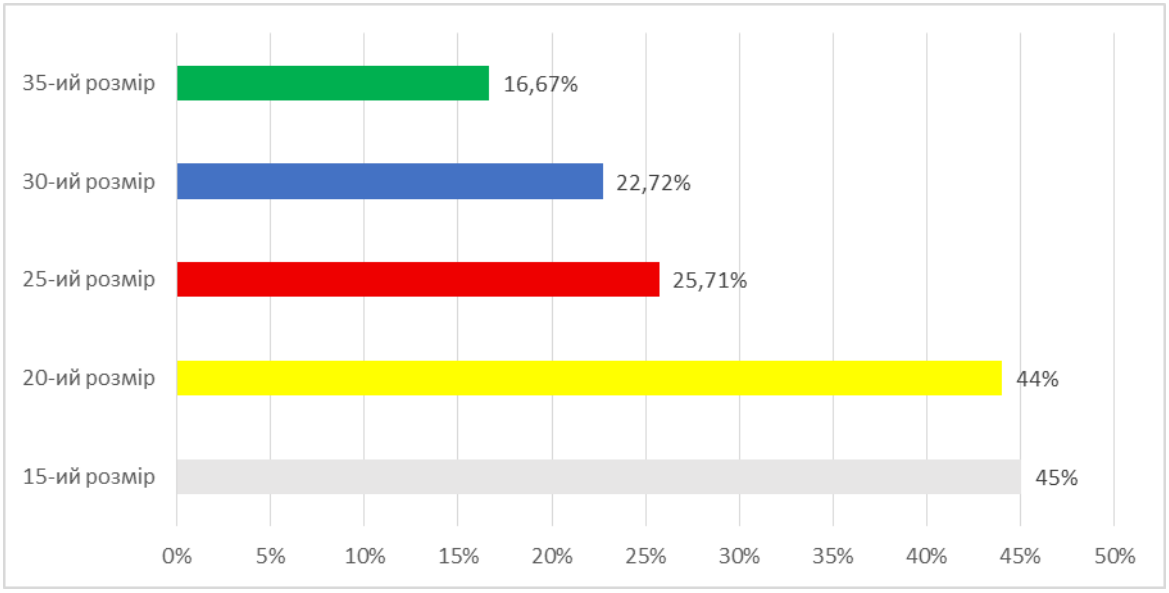



**Рис. 4. Поширеність різних типів дефектів серед файлів різного розміру**

За результатами критерію $\chi^2$ Пірсона встановлено статистично значущу неоднорідність частоти візуально виявлених дефектів між розмірними групами 15-го та 20-го розмірів порівняно з групами 25-го, 30-го та 35-го розмірів ($p < 0,05$). Пік дефектності для файлів 15–20–25-го розмірів частково узгоджується з даними Shen Y. та співавторів, які під час аналізу одноразово використаних інструментів відмітили, що 6 із 8 дефектів ProFile припадали саме на розмір 25 [20, 21].

З клініко-механічного погляду підвищена частка дефектів у середніх розмірних категоріях може бути пов'язана з їх більш інтенсивним залученням до формування апікальної частини каналу та поєднанням відносно невеликого діаметра із суттєвим торсійним і згинальним навантаженням. Однак у межах цього одноцентрового дизайну така інтерпретація має характер гіпотези: без одночасного контролю кількості й умов попереднього використання неможливо відокремити незалежний ефект ISO-розміру від супутніх конструктивних та клінічних факторів.

Важливим аспектом інтерпретації встановленої загальної поширеності дефектів на рівні


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

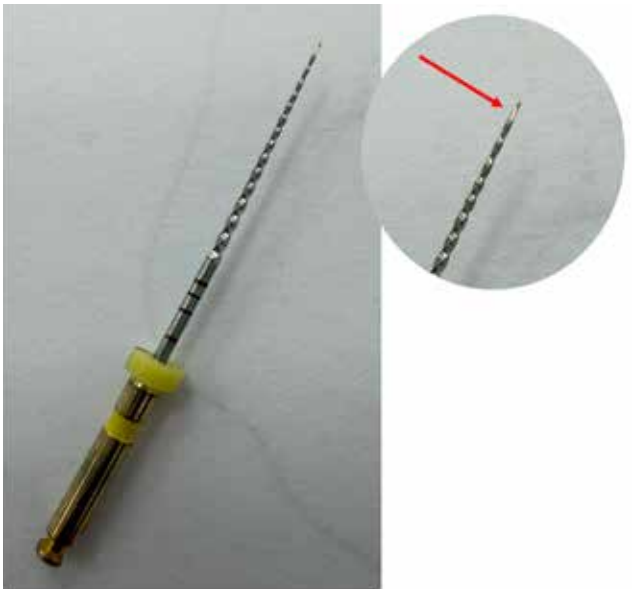


**Рис. 5. Приклад файлу 20-го розміру з ознаками розкручування в апікальній частині інструмента**

30,83% є суттєва варіативність аналогічних показників дефектності NiTi-інструментів, відмічена в попередніх клінічних роботах. Sattapan B. та співавтори описали певний вид видимого дефекту майже в половини досліджених клінічно використаних файлів, причому 28% всієї досліджуваної вибірки файлів мали дефекти без перелому [3]. У дослідженні Mtwo-інструментів Inan U. та Gonulol N. було повідомлено, що загальна частота структурних дефектів становила 25,80%, хоча найбільшу частину серед таких складали саме переломи (16,02%) [10]. Варто відмітити, що в цьому дослідженні найбільша частка інструментів, яка перебувала в обігу, однак характеризувалася ознаками перелому апікальної частини, була представлена файлами 30-го розміру (рис. 6).

Проте в низці попередніх досліджень було повідомлено і про виражено нижчі показники частоти реєстрації візуально видимих дефектів ендодонтичних інструментів. Зокрема, у чотирирічному спостережувальному дослідженні Shen Y. та співавтори встановили загальну частоту дефектів ендодонтичних файлів на рівні 1,3%, з яких деформація без перелому становила 1%, а сепарація – 0,3% [11]. У когортному дослідженні трьох ендодонтичних клінік загальна поширеність розкручування файлів становила 3%, а перелому – 5%, причому показники суттєво відрізнялися між клініками [6]. В окремому дослідженні специфічних K3-файлів частота дефектів становила 5,63%, включно з 2,05% деформацій та 3,59% переломів [13].

Відмінності між наведеними даними попередніх досліджень і результатами, отриманими в цьому дослідженні, додатково підкреслюють,



**Рис. 6. Приклад файлу 30-го розміру з ознаками перелому апікальної частини інструмента**


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

що поширеність видимих дефектів не може розглядатися як фіксована характеристика для всіх ротаційних NiTi-файлів. На показник поширеності дефектів безпосередньо впливають поперечний переріз і конусність інструмента, металургійні особливості сплаву, вираженість кривизни каналу, для інструментації якого використовувався інструмент, клінічна техніка обробки кореневих каналів застосовувана оператором, кількість і тривалість використань, а також критерії встановлення наявних дефектів та особливості формування досліджуваних вибірок файлів [4].

Окремого обговорення потребує потенційний вплив стерилізації досліджуваних інструментів. Наявний дизайн дослідження не дає змоги оцінити роль автоклавування у формуванні конкретного макроскопічного дефекту, проте варто зазначити, що попередні експериментальні дані також не демонструють однозначного ефекту стерилізації на NiTi-інструменти [16; 17; 18]. Отже, факт стерилізації у цьому дослідженні доцільно трактувати не як причинний фактор, а як невід'ємну характеристику циклу експлуатації повторно використовуваний файлів у клінічній практиці. Реальне пошкодження робочої частини ендодонтичного файлу є результатом комплексної взаємодії повторних механічних навантажень, анатомічної складності каналу, характеристик інструмента, техніки оператора, параметрів ротації та циклів повторної обробки.

У розрізі дискусії особливо важливо диференціювати поняття «відсутність візуального дефекту» та «відсутність структурного пошкодження». У роботі Aziz S. та співавторів розпрямлення було визначено неозброєним оком у 19% інструментів, тоді як за десятикратного збільшення – уже у 66,1% досліджуваних файлів [8]. Аналогічно під час стереомікроскопічного аналізу торсійних дефектів кількість виявлених змін була вищою, ніж під час звичайного візуального огляду [9; 14]. У дослідженні із застосуванням сканувальної електронної мікроскопії для аналізу шести різних систем ендодонтичних файлів, доступних в Україні, жодна з них не характеризувалися повною відсутністю дефектів поверхні попри те, що вони не піддавалися попередній клінічній експлуатації [22]. Такий результат автори пов'язали з особливостями виготовлення систем нікель-титанових ендодонтичних інструментів [24]. Встановлений у цьому дослідженні показник 30,83% відображає саме поширеність макроскопічно доступних для клінічного спостереження змін ендодонтичних інструментів, а не абсолютний рівень структурного зношування чи наявних, проте невізуалізованих неозброєним оком дефектів досліджуваних файлів.

Макроскопічна верифікація є принципово більш інформативним підходом оцінки щодо наявних пластичних змін, пов'язаних із торсійним перевантаженням, ніж щодо пошкодження внаслідок циклічної втоми [14; 15]. У разі циклічної втоми сепарація NiTi-інструмента може відбуватися без попереднього розпрямлення, згинання або інших доступних неозброєному оку змін. Саме тому відсутність видимого дефекту не повинна інтерпретуватися як гарантія механічної безпеки подальшого повторного використання файлу [12].

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що поширеність очевидних макроскопічних деформацій на рівні майже третини досліджуваного пулу підтверджує доцільність обов'язкового огляду робочої частини NiTi-файлу після очищення та перед наступним клінічним застосуванням. Водночас обмежена чутливість такого огляду не даэ можливості використовувати його як єдиний критерій прийняття рішення щодо подальшого використання інструмента. Найбільш обґрунтованим є поєднання візуальної оцінки з контрольованим протоколом обліку кількості клінічних використань, складності опрацьованих каналів і рекомендацій виробника щодо повторного застосування [13; 21; 21; 23].

До обмежень дослідження необхідно віднести його одноцентровий дизайн, відсутність стратифікації файлів залежно від конкретної системи, неврахування точної кількості попе-


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

редніх клінічних циклів, відсутність інформації щодо радіуса й кута кривизни опрацьованих каналів, а також застосування лише макроскопічної оцінки без стереомікроскопічного чи електронно-мікроскопічного підтвердження. Попри статистично значущу неоднорідність частоти дефектів між розмірними категоріями, отримані дані не дають змоги трактувати ISO-розмір як незалежний фактор ризику без одночасного контролю інших геометричних і клінічних параметрів.

Перспективним напрямом подальших досліджень є парне порівняння макроскопічного огляду та стереомікроскопії тих самих повторно використовуваних інструментів із розрахунком чутливості, специфічності та прогностичної цінності візуальної оцінки. Додатково доцільною є стратифікація поширеності дефектів залежно типу термомеханічної обробки NiTi-сплаву, кількості циклів клінічного застосування, локалізації дефекту вздовж робочої частини та параметрів кривизни препарованих кореневих каналів.

**Висновки з цього дослідження та перспективи подальших розробок у цьому напрямі.** За результатами візуального аналізу 120 повторно використовуваних та стерилізованих ротаційних нікель-титанових ендодонтичних інструментів в умовах однієї стоматологічної клініки ознаки щонайменше одного макроскопічного дефекту було ідентифіковано приблизно у третини досліджених файлів. У структурі верифікованих змін переважали розпрямлення або розкручування спірального контуру робочої частини інструмента.

Розподіл візуально виявлюваних дефектів характеризувався неоднорідністю залежно від ISO-розміру файлів: найбільшу їх поширеність реєстрували серед інструментів 15-го та 20-го розмірів, із тенденцією до зниження частоти таких змін зі збільшенням розміру.

Візуальний огляд неозброєним оком є доступним методом первинного контролю стану ендодонтичних інструментів, який дає змогу ідентифікувати файли з очевидними порушеннями геометрії робочої частини. Водночас обмежена інформативність такого підходу щодо виявлення мікроскопічних поверхневих дефектів і змін, пов'язаних із накопиченням пошкодження за механізмом циклічної втоми, не дає можливості розглядати відсутність видимих деформацій як достатній критерій збереження структурної цілісності та механічної стійкості інструмента.

З огляду на отримані результати перспективи подальших досліджень пов'язані з встановленням рівнів незалежних асоціацій ISO-розміру файлів із поширеністю структурних змін за умов урахування параметрів конусності, геометрії та дизайну робочої частини, характеристик сплаву, накопиченого експлуатаційного навантаження та специфічних умов клінічного застосування. Реалізація проспективного багатоцентрового дизайну зі стандартизованою реєстрацією зазначених параметрів дасть змогу перевірити відтворюваність виявлених закономірностей та оцінити можливість їх генералізованої інтерпретації на різні системи ендодонтичних інструментів.

Окремий науково-практичний інтерес становить зіставлення результатів макроскопічного огляду з даними мікроскопічного аналізу поверхні ендодонтичних інструментів. Такий підхід сприятиме визначенню прогностичної значущості окремих типів видимих деформацій щодо зниження механічної стійкості інструментів, а також встановленню частоти прихованих пошкоджень за відсутності макроскопічно-помітних змін. Отримані результати можуть сформувати доказове підґрунтя для вдосконалення протоколів контролю стану повторно використовуваних файлів та обґрунтувати розробку диференційованих критеріїв для їх вибраковування перед клінічним використанням з урахуванням конструктивних характеристик і задокументованої історії експлуатації.

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


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

**Література:**

1. Barbosa M.C.R.F., Ribeiro E.E., Pinto K.P. et al. Influence of Engine-Driven NiTi Files on the Effectiveness and Technical Quality of Endodontic Treatment Performed by Undergraduate Students: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Endodontic Journal*. 2026. Vol. 59 (6). P. 968–985. DOI: https://doi.org/10.1111/iej.70056.
2. Grande N.M., Castagnola R., Minciacch, I. et al. A review of the latest developments in rotary NiTi technology and root canal preparation. *Australian dental journal*. 2023. Vol. 68. P. S24–S38. DOI: https://doi.org/10.1111/adj.12998.
3. Sattapan B., Nervo G.J., Palamara J.E., Messer H.H. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *Journal of endodontics*. 2000. Vol. 26 (3). P. 161–165. DOI: https://doi.org/10.1097/00004770-200003000-00008.
4. Parashos P., Gordon I., Messer H.H. Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. *Journal of endodontics.* 2004. Vol. 30 (10). P. 722–725. DOI: https://doi.org/10.1097/01.DON.0000129963.42882.C9.
5. Arens F.C., Hoen M.M., Steiman H.R., Dietz Jr. G.C. Evaluation of single-use rotary nickel-titanium instruments. *Journal of endodontics*. 2003. Vol. 29 (10). P. 664–666. DOI: https://doi.org/10.1097/00004770-200310000-00013.
6. Shen Y., Haapasalo M., Cheung G.S.P., Peng B. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 1: Relationship between observed imperfections and factors leading to such defects in a cohort study. *Journal of Endodontics*. 2009. Vol. 35 (1). P. 129–132. DOI: https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.10.014.
7. Camargo C.H.R., Bittencourt T.S., Hasna A.A. et al. Cyclic fatigue, torsional failure, and flexural resistance of rotary and reciprocating instruments. *Journal of conservative dentistry.* 2021. Vol. 23 (4). P. 364. DOI: https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_409_20.
8. Aziz S., Ghafoor R., Gul M., Khan F.R. Visual and microscopic evaluation of the surface alterations in the ProTaper files after single clinical use. *Journal of Ayub Medical College Abbottabad.* 2018. Vol. 30 (4). P. 562–565.
9. Ratnakar P., Chakka N.M.K., Das S., Bagchi A. Do NiTi instruments show defects before separation? Defects caused by torsional fatigue in hand and rotary nickel-titanium (NiTi) instruments which lead to failure during clinical use. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2013. Vol. 13 (6). P. 867–872. DOI: https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1243.
10. Inan U., Gonulol N. Deformation and fracture of Mtwo rotary nickel-titanium instruments after clinical use. *Journal of endodontics*. 2009. Vol. 35 (10). P. 1396–1399. DOI: https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.06.014.
11. Shen Y., Coil J.M., Haapasalo M. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 3: a 4-year retrospective study from an undergraduate clinic. *Journal of Endodontics*. 2009. Vol. 35 (2). P. 193–196. DOI: https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.003.
12. Shen Y., Cheung G.S.P., Peng B., Haapasalo M. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 2: Fractographic analysis of fractured surface in a cohort study. *Journal of endodontics*. 2009. Vol. 35 (1). P. 133–136. DOI: https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.10.013.
13. Shen S.M., Deng M., Wang P.P. et al. Deformation and fracture of K3 rotary nickel–titanium endodontic instruments after clinical use. *International endodontic journal*. 2016. Vol. 49 (11). P. 1088–1094. DOI: https://doi.org/10.1111/iej.12561.
14. Asthana G., Kapadwala M.I., Parmar, G. J. Stereomicroscopic evaluation of defects caused by torsional fatigue in used hand and rotary nickel-titanium instruments. *Journal of Conservative Dentistry*. 2016. Vol. 19 (2). P. 120. DOI: https://doi.org/10.4103/0972-0707.178684.
15. Tripi T.R., Bonaccorso A., Tripi V. et al. Defects in GT rotary instruments after use: an SEM study. *Journal of endodontics*. 2001. Vol. 27 (12). P. 782–785. DOI: https://doi.org/10.1097/00004770-200112000-00018.
16. Kim W., Oh S., Ryu G.J. et al. Effect of autoclave sterilization on cyclic fatigue and torsional fracture resistance of NiTi rotary instruments. *Odontology*. 2020. Vol. 108 (2). P. 194–201. DOI: https://doi.org/10.1007/s10266-019-00453-3.
17. El Abed R., Al Raeesi D., Alshehhi A. et al. Effect from autoclave sterilization and usage on the fracture resistance of heat-treated nickel–titanium rotary files. *Materials*. 2023. Vol. 16 (6). P. 2261. DOI: https://doi.org/10.3390/ma16062261.
18. Dioguardi M., Sovereto D., Aiuto R. et al. Effects of hot sterilization on torsional properties of endodontic instruments: systematic review with meta-analysis. *Materials*. 2019. Vol. 12 (13). P. 2190. DOI: https://doi.org/10.3390/ma12132190.
19. Logsdon J., Dunlap C., Arias A. et al. Current trends in use and reuse of nickel-titanium engine-driven instruments: a survey of endodontists in the United States. *Journal of Endodontics*. 2020. Vol. 46 (3). P. 391–396. DOI: https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.12.011.
20. Shen Y., Coil J. M., Zhou H. et al. HyFlex nickel–titanium rotary instruments after clinical use: metallurgical properties. *International endodontic journal.* 2013. Vol. 46 (8). P. 720–729. DOI: https://doi.org/10.1111/iej.12049.


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

21. Shen Y., Coil J.M., Mclean A.G. et al. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 5: single use from endodontic specialty practices. *Journal of endodontics*. 2009. Vol. 35 (10). P. 1363–1367. DOI: https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.07.004.
22. Noenko I., Goncharuk-Khomyn M. Scanning Electronic Microscopy Surface Characteristics of Six Endodontic Files Systems Available in Ukraine: Observational Study. *Journal of International Dental & Medical Research*. 2023. Vol. 16 (1). P. 24.
23. Marim A.Z., Bueno C.E.D.S., Stringheta C.P. et al. In vitro study of structural and chemical changes in two reciprocating files after multiple reuses and sterilisation. *Australian Endodontic Journal*. 2024. Vol. 50 (3). P. 502–512. DOI: https://doi.org/10.1111/aej.12861.

**References:**

1. Barbosa, M.C.R.F., Ribeiro, E.E., Pinto, K.P., Barbosa, A.F.A., da Silva, E.J.N.L., & Sassone, L.M. (2026). Influence of Engine-Driven NiTi Files on the Effectiveness and Technical Quality of Endodontic Treatment Performed by Undergraduate Students: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Endodontic Journal*, *59*(6), 968–985. https://doi.org/10.1111/iej.70056.
2. Grande, N.M., Castagnola, R., Minciacchi, I., Marigo, L., & Plotino, G. (2023). A review of the latest developments in rotary NiTi technology and root canal preparation. *Australian dental journal*, *68*, S. 24–S38. https://doi.org/10.1111/adj.12998.
3. Sattapan,B.,Nervo,G.J.,Palamara,J.E.,&Messer,H.H. (2000). Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *Journal of endodontics*, *26*(3), 161–165. https://doi.org/10.1097/00004770-200003000-00008.
4. Parashos, P., Gordon, I., & Messer, H.H. (2004). Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. *Journal of endodontics*, *30*(10), 722–725. https://doi.org/10.1097/01.DON.0000129963.42882.C9.
5. Arens, F. C., Hoen, M. M., Steiman, H. R., & Dietz Jr. G.C. (2003). Evaluation of single-use rotary nickel-titanium instruments. *Journal of endodontics*, *29*(10), 664–666. https://doi.org/10.1097/00004770-200310000-00013.
6. Shen, Y., Haapasalo, M., Cheung, G.S.P., & Peng, B. (2009). Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 1: Relationship between observed imperfections and factors leading to such defects in a cohort study. *Journal of Endodontics*, *35*(1), 129–132. https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.10.014.
7. Camargo, C.H.R., Bittencourt, T.S., Hasna, A.A., Palo, R.M., Carvalho, C.A.T., & Valera, M.C. (2021). Cyclic fatigue, torsional failure, and flexural resistance of rotary and reciprocating instruments. *Journal of conservative dentistry: JCD*, *23*(4), 364. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_409_20.
8. Aziz, S., Ghafoor, R., Gul, M., & Khan, F.R. (2018). Visual and microscopic evaluation of the surface alterations in the ProTaper files after single clinical use. *Journal of Ayub Medical College Abbottabad*, 30(4), 562–565.
9. Ratnakar, P., Chakka, N.M.K., Das, S., & Bagchi, A. (2013). Do NiTi instruments show defects before separation? Defects caused by torsional fatigue in hand and rotary nickel-titanium (NiTi) instruments which lead to failure during clinical use. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, *13*(6), 867–872. https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1243.
10. Inan, U., & Gonulol, N. (2009). Deformation and fracture of Mtwo rotary nickel-titanium instruments after clinical use. *Journal of endodontics*, *35*(10), 1396–1399. https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.06.014.
11. Shen, Y., Coil, J.M., & Haapasalo, M. (2009). Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 3: a 4-year retrospective study from an undergraduate clinic. *Journal of Endodontics*, *35*(2), 193–196. https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.003.
12. Shen, Y., Cheung, G.S.P., Peng, B., & Haapasalo, M. (2009). Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 2: Fractographic analysis of fractured surface in a cohort study. *Journal of endodontics*, *35*(1), 133–136. https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.10.013.
13. Shen, S.M., Deng, M., Wang, P.P., Chen, X.M., Zheng, L.W., & Li, H.L. (2016). Deformation and fracture of K3 rotary nickel–titanium endodontic instruments after clinical use. *International endodontic journal*, *49*(11), 1088–1094. https://doi.org/10.1111/iej.12561.
14. Asthana, G., Kapadwala, M.I., & Parmar, G.J. (2016). Stereomicroscopic evaluation of defects caused by torsional fatigue in used hand and rotary nickel-titanium instruments. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, *19*(2), 120. https://doi.org/10.4103/0972-0707.178684.
15. Tripi, T.R., Bonaccorso, A., Tripi, V., Condorelii, G.G., & Rapisarda, E. (2001). Defects in GT rotary instruments after use: an SEM study. *Journal of endodontics*, *27*(12), 782–785. https://doi.org/10.1097/00004770-200112000-00018.
16. Kim, W., Oh, S., Ryu, G.J., Kim, T.H., Kim, S.J., Kim, D.H., ... & Jang, J.H. (2020). Effect of autoclave sterilization on cyclic fatigue and torsional fracture resistance of NiTi rotary instruments. *Odontology*, *108*(2), 194–201. https://doi.org/10.1007/s10266-019-00453-3.


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

17. El Abed, R., Al Raeesi, D., Alshehhi, A., Alkhatib, Z., Khamis, A.H., Jamal, M., & Kim, H.C. (2023). Effect from autoclave sterilization and usage on the fracture resistance of heat-treated nickel–titanium rotary files. *Materials*, *16*(6), 2261. https://doi.org/10.3390/ma16062261.
18. Dioguardi, M., Sovereto, D., Aiuto, R., Laino, L., Illuzzi, G., Laneve, E., ... & Lo Muzio, L. (2019). Effects of hot sterilization on torsional properties of endodontic instruments: systematic review with meta-analysis. *Materials*, *12*(13), 2190. https://doi.org/10.3390/ma12132190.
19. Logsdon, J., Dunlap, C., Arias, A., Scott, R., & Peters, O.A. (2020). Current trends in use and reuse of nickel-titanium engine-driven instruments: a survey of endodontists in the United States. *Journal of Endodontics*, *46*(3), 391–396. https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.12.011.
20. Shen, Y., Coil, J.M., Zhou, H., Zheng, Y., & Haapasalo, M. (2013). HyFlex nickel–titanium rotary instruments after clinical use: metallurgical properties. *International endodontic journal*, *46*(8), 720–729. https://doi.org/10.1111/iej.12049.
21. Shen, Y., Coil, J.M., Mclean, A.G., Hemerling, D.L., & Haapasalo, M. (2009). Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 5: single use from endodontic specialty practices. *Journal of endodontics*, *35*(10), 1363–1367. https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.07.004.
22. Noenko, I., & Goncharuk-Khomyn, M. (2023). Scanning Electronic Microscopy Surface Characteristics of Six Endodontic Files Systems Available in Ukraine: Observational Study. *Journal of International Dental & Medical Research*, *16*(1), 24.
23. Marim, A.Z., Bueno, C.E.D.S., Stringheta, C.P., Pelegrine, R.A., De Martin, A.S., Rocha, D.G.P., ... & Fontana, C.E. (2024). In vitro study of structural and chemical changes in two reciprocating files after multiple reuses and sterilisation. *Australian Endodontic Journal*, *50*(3), 502–512. https://doi.org/10.1111/aej.12861.

**Конфлікт інтересів:** автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.
Дата першого надходження статті до видання: 14.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 05.10.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 05.11.2026

CC BY