

**Мочалов Юрій Олександрович,**  
доктор медичних наук, професор,  
професор кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін,  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
ORCID ID: 0000-0002-5654-1725  
м. Ужгород, Україна

**Білей Анастасія Михайлівна,**  
аспірантка кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін,  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
ORCID ID: 0009-0002-7673-6930  
м. Ужгород, Україна

## Сучасний стан проблеми сепарації (зламу) ендодонтичних інструментів (огляд літератури)

**Вступ.** Актуалізація та об'єктивізація даних щодо поширеності випадків сепарації (зламу) ендодонтичних інструментів в стоматологічній практиці сприятиме можливості виокремлення та аналізу окремих взаємозв'язків та тенденцій, які в подальшому можуть бути використані для формулювання нових дослідницьких гіпотез в розрізі реалізації комплексного підходу до удосконалення ендодонтичного лікування з урахуванням функціонально-структурних особливостей ендодонтичних інструментів.

**Мета дослідження.** Актуалізувати та об'єктивізувати дані щодо поширеності випадків сепарації (зламу) ендодонтичних інструментів за результатами попередньо проведених досліджень проспективного та ретроспективного дизайну.

**Матеріали та методи.** Первинний пошук цільових публікацій забезпечувався через сервіс Google Scholar з використанням наступного набору ключових слів: «endodontics», «instrument», «file», «separation», «fracture», «prevalence» та «incidence». В якості критеріїв відбору публікацій до кінцевої вибірки, які підлягали деталізованому контент-аналізу використовувались наступні: 1) цільова спрямованість публікації щодо кількісної оцінки поширеності та/або частоти виникнення випадків сепарації ендодонтичних інструментів; 2) публікації лише англійською мовою; 3) належність наукового видання, в якому опубліковано результати наукового дослідження, до наукометричних баз Scopus та/або Web of Science.

**Результати досліджень та їх обговорення.** В результаті проведеного аналізу даних проспективних та ретроспективних досліджень було відзначено, що показники поширеності випадків сепарації (зламу) ендодонтичних інструментів в ході лікування кореневих каналів між такими критично не відрізнялися, а варіації таких не були асоційовані із специфічним дизайном проаналізованих досліджень. При цьому у низці досліджень відмічалась дефіцит деталізації та уточнення досліджуваних параметрів, а також деякі аспекти пов'язані з некоректною інтерпретацією отриманих результатів, зокрема: 1) ототожнення показників поширеності та частоти виникнення епізодів сепарації ендодонтичних інструментів, що представляють собою відмінні критерії з точки зору методології їх обчислення; 2) відсутність уніфікованого підходу до репрезентації показників поширеності та частоти виникнення випадків сепарації ендодонтичних інструментів на трьох окремих рівнях: на рівні досліджуваної когорти пацієнтів; на рівні досліджуваної когорти ендодонтично-пролікованих зубів; на рівні досліджуваної когорти пролікованих кореневих каналів; 3) оцінка впливу та значущості впливу окремих умов та факторів на ризик розвитку сепарації ендодонтичних інструментів за даними більшості проаналізованих досліджень проводилась лише за фактом нерівномірності розподілу таких серед різних досліджуваних груп або категорій.

**Висновки.** Аналіз результатів аналізу доступних літературних джерел засвідчив, що зареєстрована поширеність випадків сепарації ендодонтичних інструментів є варіативною з огляду на гетерогенність доступних для аналізу даних та підходів до їх збору та опрацювання. При цьому більшість досліджень були узгоджені щодо вищої поширеності випадків сепарації ендодонтичних інструментів на рівні ендодонтично пролікованих зубів, ніж на рівні пролікованих кореневих каналів. Крім того, більша частка епізодів перелому ендодонтичних інструментів за узгодженими даними попередніх досліджень припадала на випадки лікування молярів, мезіючічних каналів, в апікальній третині, лікарями з недостатнім цільовим досвідом або ж в процесі набуття спеціалізованих практичних навичок, та при використанні ротаційних інструментів.

**Ключові слова:** стоматологія, порожнина рота, зуб, ендодонтія, кореневий канал, інструмент, нікель-титановий сплав, ротаційний файл, сепарація (злам), ускладнення, якість лікування.

**Mochalov Iurii Oleksandorvych,** Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor at the Department of Surgical Dentistry and Clinical Disciplines, Uzhhorod National University, ORCID ID: 0000-0002-5654-1725, Uzhhorod, Ukraine

**Biley Anastasia Mykhaylivna,** Postgraduate Student at the Department of Surgical Dentistry and Clinical Disciplines, Uzhhorod National University, ORCID ID: 0009-0002-7673-6930, Uzhhorod, Ukraine

## Actual status of endodontic instruments' separation (fractures) problem (literature review)

**Introduction.** Updating and objectifying the data on prevalence of endodontic instrument separation (fractures) within dental practice will facilitate the identification and analysis of peculiar relationships and trends, which can subsequently be used to formulate new research hypotheses in the context of implementing a comprehensive approach for the improvement of endodontic treatment, taking into account the functional and structural features of endodontic instruments.

**Objective of the research.** To update and objectify data on the prevalence of endodontic instrument separation based on the results of literature data.

**Materials and methods.** The primary search for target publications was provided through the Google Scholar service using the following set of keywords: «endodontics», «instrument», «file», «separation», «fracture», «prevalence» and «incidence». The following were used as criteria for selecting publications for the final sample, which were subject to detailed content analysis: 1) the target focus of the publication on the quantitative assessment of the prevalence and/or frequency of endodontic instruments' separation cases; 2) publications only in English; 3) affiliation of the journal, in which the results of the scientific study were published, to the scientometric databases Scopus and/or Web of Science.

**Results and discussions.** As a result of the analysis provided among prospective and retrospective studies, it was noted that the prevalence rates of endodontic instruments' separation during root canal treatment did not differ significantly between such studies, and variations in these rates were not associated with the specific design of the analyzed studies. At the same time, a number of studies demonstrated a lack of detail and clarification regarding studied parameters, as well as some aspects related to incorrect interpretation of the results obtained, in particular: 1) the prevalence and incidence of endodontic instrument separation episodes were identified as similar, while such represent different criteria in terms of their calculation methodology; 2) there was no unified approach for the representation of prevalence and frequency of endodontic instrument separations at three separate levels: at the level of the studied cohort of patients; at the level of the studied cohort of endodontically treated teeth; at the level of the studied cohort of treated root canals; 3) assessment of the impact and significance of individual conditions and factors regarding the risk of endodontic instrument's separation according to the majority of the analyzed studies was carried out based mainly on the uneven distribution of separation cases among the various studied groups or categories.

**Conclusions.** Analysis of the results obtained from prospective and retrospective studies showed that the reported prevalence of endodontic instrument separation (fracture) is variable due to the heterogeneity of the data available for analysis and the approaches used for the collection and processing of such data. At the same time, most studies were consistent with a higher prevalence of endodontic instrument separation at the level of endodontically treated teeth than at the level of treated root canals. In addition, a higher proportion of endodontic instrument fracture episodes according to the consistent data of previous studies occurred in cases of treatment provided for molars, mesiobuccal canals, in the apical third, by doctors with insufficient targeted experience or in the process of acquiring specialized practical skills, and with the use of rotary instruments.

**Key words:** dentistry, oral cavity, tooth, endodontics, root canal, instrument, nickel-titanium alloy, rotary file, separation (fracture), complication, treatment quality.

**Вступ.** Загальновідомо, що сепарація (злам) ендодонтичних інструментів в ході лікування кореневих каналів відбувається за механізмами торсійної та циклічної втоми, які в свою чергу розвиваються на фоні впливу супутніх несприятливих клінічних умов (згину кореневого каналу, облітерації), особливостей інструментації простору ендодонта (з реалізацією технік crown-down, step-back, методики збалансованих сил), специфіки проведення процедури хемо-механічної обробки каналу лікарем-стоматологом (почерговості використання файлів різного розміру та конусності, а також іригаційних розчинів з різним механізмом дії, ручними файлами чи з використанням ендомотора, ротаційними чи реципрокними рухами), вихідних властивостей ендодонтичних інструментів (якості обробки їх поверхні, відповідності розміру зазначеному на упаковці, специфіки з'єднання складових частин) [1, 2, 3, 4, 5].

Попередні дослідження проведені у форматі опитування серед лікарів-стоматологів загальної практики засвідчили, що 54,6% респондентів описують частоту виникнення випадків сепарації ендодонтичних інструментів на рівні менше 5 випадків на рік, хоча 33,7% респондентів відмічають поширеність даного ускладнення на рівні 1 випадку в місяць [6]. У роботі Madarati та колег було відзначено, що 93,6% досвідчених лікарів-ендодонтистів підтверджували наявність в своїй практиці випадків сепарації ендодонтичних інструментів, тоді як даний показник серед лікарів-стоматологів загальної практики сягав 79,5% [7].

Дослідження узагальнюючого характеру вказують на поширеність випадків сепарації ендодонтичних інструментів в діапазоні 0,4-23% з відмінностями серед представників файлів, які відрізнялися специфікою виготовлення, особливостями роботи, складом, розміром, конусністю [1, 2, 3]. Попередні роботи проведені в лабораторних умовах засвідчили, що принципові особливості виробництва ендодонтичних файлів можуть

бути асоційовані зі змінами їх поверхні, які вдалось верифікувати з використанням методу скануючої електронної мікроскопії, та які в свою чергу можуть бути пов'язані із потенційною пропанацією тріщин та деформацій в структурі металу, і як наслідок – з ризиком сепарації інструменту [8, 9, 10].

Водночас в розрізі останніх декад відмічаються значущі якісні зміни як у підходах до виготовлення та контролю якості ендодонтичних інструментів, так і в розробці та аргументації клінічних алгоритмів адаптованих до умов різних клінічних ситуацій з метою забезпечення належної та безпечної інструментальної обробки кореневих каналів [11, 12, 13].

Враховуючи це, доцільним є об'єктивізація фактичних показників поширеності випадків сепарації ендодонтичних інструментів в ході лікування кореневих каналів за даними доступної доказової бази з метою уточнення змін щодо частоти реєстрації таких з огляду на вплив супровідних умов та факторів, а також, приймаючи до уваги релевантні вдосконалення процесу виготовлення та використання таких. Варто також відзначити дефіцит досліджень орієнтованих на порівняння показників поширеності випадків сепарації ендодонтичних файлів. Наразі в літературі доступні лише декілька систематичних оглядів, в яких таргетно розглянуто питання поширеності проблеми перелому ендодонтичних інструментів в ході лікування кореневих каналів [14].

Відтак актуалізація та об'єктивізація даних щодо поширеності випадків сепарації ендодонтичних інструментів в стоматологічній практиці сприятиме можливості виокремлення та аналізу окремих взаємозв'язків та тенденцій, які в подальшому можуть бути використані для формулювання нових дослідницьких гіпотез в розрізі реалізації комплексного підходу до удосконалення ендодонтичного лікування з урахуванням функціонально-структурних особливостей ендодонтичних інструментів.

**Мета.** Актуалізувати та об'єктивізувати дані щодо поширеності випадків сепарації (зламу) ендодонтичних інструментів за результатами попередньо проведених досліджень проспективного та ретроспективного дизайну.

**Матеріали та методи.** Приймаючи до уваги, що дослідження було організовано у форматі огляду літератури з аналізом даних попередньо опублікованих робіт проспективного та ретроспективного дизайну, первинний пошук цільових публікацій забезпечувався через сервіс Google Scholar (<https://scholar.google.com/>). Вибір даного сервісу для пошуку публікацій був обґрунтований необхідністю максимізації обсягу первинної когорти цільових наукових робіт з метою забезпечення належної репрезентативності даних досліджень різного дизайну щодо поширеності випадків сепарації ендодонтичних інструментів, враховуючи вузьку вихідну спрямованість такого роду публікацій. Пошук через Google Scholar провадився з використанням наступного набору ключових слів: «endodontics», «instrument», «file», «separation», «fracture», «prevalence» та «incidence», у різних їхніх комбінаціях з реалізацією функцій розширеного пошуку.

Первинний аналіз публікацій проводився за назвою наукової роботи та текстом резюме, а також з врахуванням статусу періодичного видання, в якому було опубліковано результати дослідження. В якості критеріїв відбору публікацій до кінцевої вибірки, які підлягали деталізованому контент-аналізу використовувались наступні: 1) цільова спрямованість публікації щодо кількісної оцінки поширеності та/або частоти виникнення випадків сепарації ендодонтичних інструментів; 2) публікації лише англійською мовою; 3) приналежність наукового видання, в якому опубліковано результати наукового дослідження, до наукометричних баз Scopus та/або Web of Science. Для аналізу також від-

бирались наукові роботи опубліковані після 2005 року (глибина пошуку – 20 років).

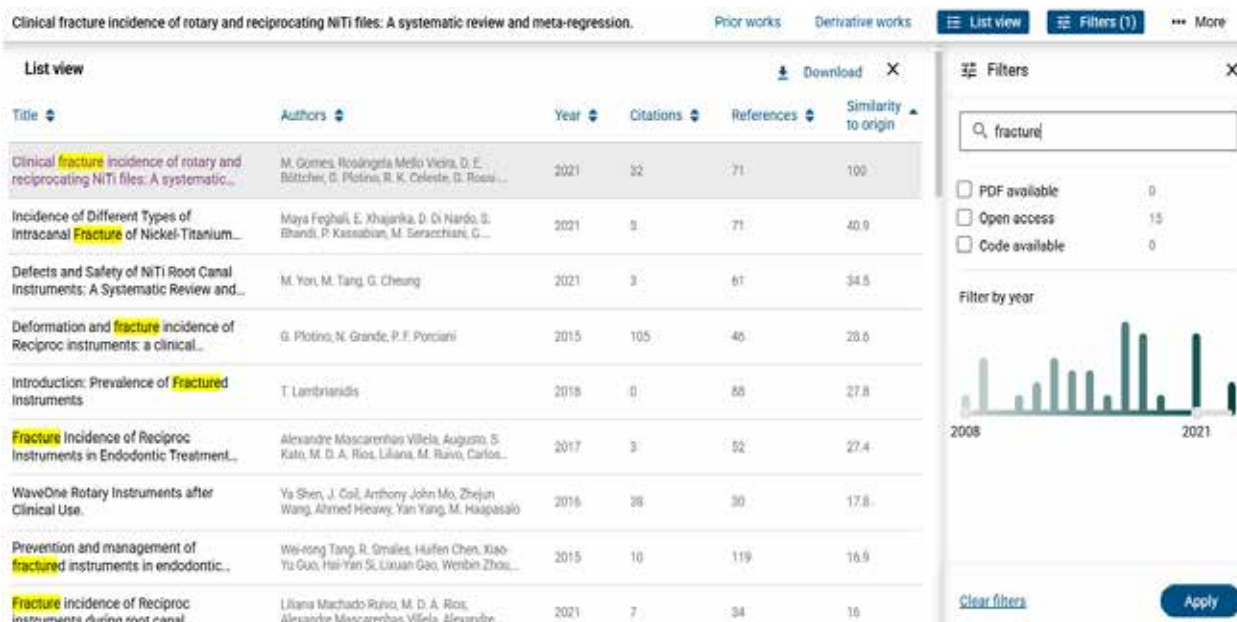
Аналіз наукових робіт відібраних за вищезазначеними критеріями до цільової вибірки також додатково проводився у системі Connected Papers (<https://www.connectedpapers.com/>) задля пошуку потенційних зв'язків із публікаціями, аналогічної спрямованості, які через специфіку пошуку через Google Scholar, потенційно могли бути пропущені (рис. 1).

Наукові роботи включені до кінцевої вибірки піддавались контент-аналізу з оцінкою даних та показників щодо наступних таргетних категорій:

- 1) поширеність та/або частота виникнення випадків сепарації ендодонтичних інструментів в ході лікування кореневих каналів;
- 2) фактори, котрі потенційно можуть впливати, або ж провокують зміни розподілу поширеності та/або частоти виникнення випадків сепарації ендодонтичних інструментів в ході лікування кореневих каналів, відмічені в структурі проаналізованого дослідження;
- 3) узгодженість даних щодо показників поширеності та/або частоти виникнення випадків сепарації ендодонтичних інструментів в ході лікування кореневих каналів та їх змін в залежності від впливу різних умов та факторів, відмічених у попередніх дослідженнях між собою.

Групування даних з метою їх подальшого аналізу та порівняння проводилося у табличному редакторі Microsoft Excel 2019 (Microsoft Office 2019, Microsoft, США).

**Виклад основного матеріалу дослідження.** В результаті пошуку цільових публікацій було відібрано 14 наукових робіт, які демонстрували результати досліджень різного дизайну, сфокусованих на об'єктивізації рівнів поширеності та частоти виникнення випадків сепарації (зламу) ендодонтичних інструментів в клі-



**Рис. 1.** Результати опрацювання цільового систематичного огляду у сервісі Connected Papers з метою пошуку похідних та попередніх робіт аналогічної спрямованості

нічній стоматологічній практиці. Таргетні досліджувані показники кожного із проаналізованих досліджень представлені нижче.

Зокрема, дані ретроспективного клінічного дослідження Alamoudi R. та колег засвідчили частоту рестації перелому ендодонтичних інструментів в ході лікування кореневих каналів на рівні 3,4% (108 випадків серед 3150 проаналізованих), при цьому поширеність сепарації нікель-титанових файлів була вищою, ніж таких, виготовлених із нержавіючої сталі (75,9% проти 22,2%) по відношенню до усіх зареєстрованих випадків [15]. Дослідники відзначили, що випадки сепарації файлів відмічалися в 53,7% при лікуванні нижніх молярів, та в 42,6% при лікуванні верхніх молярів, і найчастіше – в структурі мезіо-щічного каналу, а також більша частина фрактур ендодонтичних інструментів була зареєстрована в середній та апікальній третинах каналу, і частіше (68,5%) – в проекції вираженого згину кореня (незалежно від випадку первинного чи повторного ендодонтичного лікування) [15]. Варто звернути увагу, що аналіз проводився серед клінічних випадків, пролікованих курсантами в ході проходження ними програми післядипломного навчання з ендодонтії.

В результаті крос-секційного дослідження було відмічено, що найбільша частка випадків сепарації ендодонтичних файлів в принципі відзначалася саме серед курсантів в ході проходження ними цільового післядипломного вдосконалення (43,6–52,1%), при цьому, серед 149 респондентів випадки даного ускладнення були відмічені у 69,1% [16]. З усіх випадків перелому ендодонтичних інструментів 72% відмічалися при хемо-механічній обробці каналу, і лише 27,5% при формуванні килимової доріжки та вимірюванні робочої довжини, 65,1% – в апікальній третині кореня, і 33,6% – в середній третині кореня, 88,6% – в процесі ендодонтичного лікування молярів [16]. На відміну від попередніх досліджень менша частка сепарацій була відмічена серед нікель-титанових файлів, аніж серед таких, виготовлених із нержавіючої сталі (24,2% проти 75,8%). В якості основних причин сепарації лікарі відмічали повторне використання файлів (57,7%), некоректно проведені маніпуляції з файлами (невідповідні рухи) (19,5%), складну анатомію кореневих каналів (12,8%), дефіцит досвіду (4,0%) [16].

5-річне ретроспективне дослідження, проведене Tzanetakis G. та колегами, продемонструвало, що загальна поширеність сепарації ендодонтичних інструментів серед 2180 пролікованих клінічних випадків, складала 1,83%, тоді як серед когорти курсантів в ході проходження післядипломного навчання – 7,41% [17]. При цьому поширеність сепарації нікель-титанових файлів серед таких сягала 1,33%, а інструментів виготовлених з нержавіючої сталі – 0,55%. Поширеність зламів файлів при лікуванні різців та ікол складала – 0,49%, премолярів – 0,65%, молярів – 3,41% [17].

PennEndo Study (ретроспективне дослідження проведене із аналізом бази даних результатів ендодонтичного лікування проведеного курсантами програми ендодонтичної спеціалізації в Університеті Пенсильванії) продемонструвало, що поширеність випадків сепарації ручних інструментів складає 0,25% на рівні

усіх пролікованих клінічних випадків і 0,10 на рівні усіх пролікованих каналів, тоді як для ротаційних файлів дані показники склали 1,68% та 0,67% відповідно [18]. Ризик сепарації ротаційних файлів в порівнянні із ручними за даними PennEndo Study був в 6,89 раз вищим, що було також підтверджено статистично. Ймовірність сепарації інструментів в структурі молярів також була статистично вищою, ніж у структурі премолярів в 2,91 раз [18]. При цьому 82,7% з усіх сепарацій були відмічені в апікальній частині кореня [18].

Проспективне дослідження проведене в умовах стоматологічного факультету засвідчило поширеність сепарації ендодонтичних інструментів на рівні 3,6% серед 2168 зубів, які були проліковані студентами різних курсів [19]. Поширеність сепарації у структурі пролікованих молярів була найвищою (6,9%), і переважала таку у структурі різців (0,9%) та премолярів (2,2%) [19].

Проспективне клінічне дослідження продемонструвало, що частота сепарації специфічно WaveOne файлів, які були цільовим об'єктом дослідження, складала 0,13% з урахуванням кількості усіх пролікованих каналів (2215) та 0,42% з урахуванням кількості усіх пролікованих зубів (711) [20]. Враховуючи отримані результати, автори резюмували, що використання файлів з реципрокним механізмом дії є більш безпечним для ендодонтичного лікування дистальних зубів [20]. Зареєстрований низький рівень поширеності ускладнення в порівнянні із іншими дослідженнями автори аргументували за рахунок впливу трьох факторів: 1) використувані файли були призначені для одноразового використання і не підлягали автоклавуванню, відтак знижувався ризик розвитку сепарації за механізмом циклічної втоми; 2) досліджувані файли були виготовлені за технологією M-Wire, котра дозволяла поліпшити їх механічні властивості; 3) внаслідок асиметричних рухів файлу знижується ризик накопичення структурою металу надмірної втоми. Крім того, у вищезгаданому дослідженні були залучені оператори з різним рівнем клінічного досвіду, що також може впливати на варіації показників поширеності полумки ендодонтичних інструментів.

У пізнішому крос-секційному ретроспективному дослідженні Caballero-Flores H. та колег (2018) було показано, що середня поширеність сепарації реципрокних ендодонтичних систем одного файлу складала 0,92% серед усієї кількості пролікованих кореневих каналів (0,84% при використанні системи WaveOne в ході лікування 830 кореневих каналів, та 0,93% при використанні системи ResiGroos при лікуванні 1226 кореневих каналів) [5]. 52,6% усіх випадків сепарації відзначалися в мезіо-щічних коренях нижніх молярів [5]. В умовах університетської стоматологічної клініки поширеність сепарації ендодонтичних інструментів сягала 1,0% протягом 10-річного періоду спостереження на рівні пролікованих зубів [21]. З усіх випадків сепарацій 39,5% були локалізовані в структурі мезіо-щічних каналів молярів, і 76,5% сепарованих інструментів локалізували в апікальній частині каналів [21].

У дослідженні Algarni Y. та колег використання ендодонтичної реципрокної системи одного файлу характеризувалось поширеністю випадків сепарації на

рівні 0,43% серед усіх пролікованих каналів та на рівні 1,03% серед усіх пролікованих зубів [22]. З усіх зареєстрованих випадків сепарації 36% та 27% припадало на лікування мезіо-щічних каналів верхнього та нижнього молярів [22].

Bueno C. та колеги в ході проспективного клінічного дослідження засвідчили відсутність випадків сепарації файлів WaveOne Gold, які були використані для лікування 750 молярів верхньої та нижньої щелепи з величиною згину кореневих каналів менше 45° [23]. При цьому всього в ході дослідження було використано 1104 інструменти [23]. У попередньому проспективному дослідженні Bueno C. та співавторів, було відзначено, що поширеність сепарацій систем одного файлу складає 0,26% (0,17% для системи Reciproc та 0,09% для системи WaveOne) на рівні кількості пролікованих каналів, та 0,84% на рівні кількості пролікованих зубів [24]. При цьому 2 з 3 випадків сепарації були зареєстровані при третьому використанні інструментів, які були передбачені для одноразового застосування.

У роботі Alfouzan K. та Jamleh A. було встановлено, що поширеність випадків сепарації інструментів була вищою у клінічних випадках переліковування, ніж при первинному ендодонтичному лікуванні (2,96% проти 0,74%) [25]. Понад половину випадків ідентифікованих сепарацій були відмічені в каналах з вираженим згином (56,6%), і 85,7% виникали в проекції апікальної частини кореня [25]. На файли 20-го та 25-го розміру припадало 59,9% та 25,27% випадків сепарації відповідно [25].

Результати семирічного ретроспективного дослідження продемонстрували, що частота сепарації ручних нікель-титанових файлів складає 3,9 на 100 осіб/випадків, яким проводилося лікування кореневих каналів зуба [26]. При цьому автори відмітили, що серед усіх випадків перелому ендодонтичних інструментів 37% характеризувалися ретенцією зламаного фрагмента на відстані 2 мм від апексу, і 35% – безпосередньо в проекції апексу, тоді як лише 14% – на відстані понад 2 мм від апексу [26].

Ретроспективне клінічне дослідження Machado R. та співавторів засвідчило, що поширеність виникнення випадків сепарації ендодонтичних файлів складає 4,4% на рівні пролікованих зубів та 1,9% на рівні пролікованих кореневих каналів (при цільовому аналізі інструментів лише системи ProTaper Universal) [27]. Дослідники відзначили, що поширеність сепарації при лікуванні молярів нижньої щелепи складала 8,8% для першого моляра та 9,6% для другого, тоді як для першого та другого молярів верхньої щелепи дані показники склали 4,7% та 5,1% відповідно [27]. 84,4% фрактур ендодонтичних інструментів виникали в ділянці апікальної третини кореня. Варто відзначити, що результати були отримані з вибірки зубів, пролікованих курсантами в ході післядипломного вдосконалення ендодонтичних мануальних навичок [27].

У когортному дослідженні, яке включало лікування 4652 кореневих каналів, було зареєстровано 2,4-відсоткова поширеність випадків сепарації ендодонтичних інструментів типу Protaper Rotary System [28]. Роз-

поділ усіх 113 зареєстрованих випадків ускладнення характеризувався наступним патерном щодо кількості використань файлів: в ході першого використання – 17,7%, в ході другого використання – 10,6%, в ході третього використання – 20,4%, в ході четвертого використання – 16,8%, в ході п'ятого використання – 34,5% [28]. У пізнішому дослідженні Wu J. та колеги, які проводили аналіз серед тієї ж системи файлів, що і Wolcott S. та співавтори, було показано, що поширеність сепарації ендодонтичних інструментів на рівні пролікованих зубів складає 2,6%, тоді як на рівні пролікованих каналів – 1,1% [29]. Крім того дослідники відмітили, що частота реєстрації випадків сепарації інструментів з більшим діаметром була найвищою, при цьому 54,3% всіх фрактур файлів були відмічені у каналах з вираженим анатомічним вигином ( $> 25^\circ$ ), і мезіо-щічні канали верхніх та нижчих молярів характеризувалися найбільшою кумулятивною частотою виникнення сепарації файлів в ході лікування кореневих каналів [29].

Систематичний огляд та супровідний мета-аналіз підтвердив результати попередньо проаналізованих досліджень щодо того, що середній рівень поширеності сепарації ротаційних інструментів є вищим, ніж таких з реципрокним механізмом дії (2,43% проти 1,0%), хоча статистично різниця між такими не була підтвердженою [14]. При цьому дані, агреговані в структурі систематичного огляду, засвідчили, що середня поширеність сепарації ендодонтичних інструментів в принципі складає 2,27% [14]. Хоча систематичний огляд Feghali M. та колеги продемонстрував, що поширеність випадків сепарації нікель-титанових ротаційних інструментів сягає 5% [30].

В результаті проведеного аналізу даних проспективних та ретроспективних досліджень було відзначено, що показники поширеності випадків сепарації ендодонтичних інструментів в ході лікування кореневих каналів між такими критично не відрізнялися, а варіації таких не були асоційовані із специфічним дизайном проаналізованих досліджень. При цьому у низці досліджень відмічався дефіцит деталізації та уточнення досліджуваних параметрів, а також деякі аспекти пов'язані з некоректною інтерпретацією отриманих результатів, зокрема:

1) ототожнювалися показники поширеності та частоти виникнення епізодів сепарації ендодонтичних інструментів, що являють собою відмінні критерії з точки зору методології їх обрахунку;

2) відсутній уніфікований підхід до репрезентації показників поширеності та частоти виникнення випадків сепарації ендодонтичних інструментів на трьох окремих рівнях: на рівні досліджуваної когорти пацієнтів; на рівні досліджуваної когорти ендодонтично-пролікованих зубів; на рівні досліджуваної когорти пролікованих кореневих каналів;

3) через дефіцит стандартизованих підходів до оцінки поширеності та частоти виникнення епізодів сепарації ендодонтичних інструментів неможливим є порівняння об'єктивного впливу різних факторів та умов на ризик виникнення даного ускладнення в стоматологічній практиці та облік таких інцидентів в ході

статистичного опрацювання даних з можливістю їх інтерпретації на усереднені клінічні умови;

4) оцінка впливу та значущості впливу окремих умов та факторів на ризик розвитку сепарації ендодонтичних інструментів за даними більшості проаналізованих досліджень проводилась лише за фактом нерівномірності розподілу випадків сепарації серед різних досліджуваних груп або категорій.

**Висновки.** Аналіз даних фахової наукової літератури засвідчив, що зареєстрована поширеність випадків сепарації ендодонтичних інструментів є варіативною з огляду на гетерогенність доступних для аналізу даних та підходів до їх збору та опрацювання. При цьому більшість досліджень були узгоджені щодо вищої поширеності випадків сепарації ендодонтичних інструментів на рівні ендодонтично пролікованих зубів, ніж на рівні пролікованих корневих каналів. Крім того, більша частка епізодів перелому ендодонтичних інструментів за

узгодженими даними попередніх досліджень припадала на випадки лікування молярів, мезіощічних каналів, в апікальній третині, в проекції вираженого згину кореневого каналу, лікарями з недостатнім цільовим досвідом або ж в процесі набуття спеціалізованих практичних навичок, та при використанні ротаційних інструментів. В більшості досліджень відзначається ототожнення показників поширеності та частоти виникнення епізодів сепарації ендодонтичних інструментів, що представляють собою відмінні критерії з точки зору методології їх обрахунку, а також в цілому в літературі показана відсутність уніфікованого підходу до репрезентації показників поширеності та частоти виникнення випадків сепарації ендодонтичних інструментів на трьох окремих досліджуваних рівнях: на рівні досліджуваної когорти пацієнтів; на рівні досліджуваної когорти ендодонтично-пролікованих зубів; на рівні досліджуваної когорти пролікованих корневих каналів.

## REFERENCES

1. Terauchi Y, Ali WT, Abielhassan MM. Present status and future directions: removal of fractured instruments. *International Endodontic Journal*. 2022 May;55:685-709. <https://doi.org/10.1111/iej.13743>
2. Orozco-Ocampo YM, Escobar-Rincón D, Jiménez-García FN, Alvarez-Vargas CA, Jaramillo-Gil PX. Factors influencing NiTi endodontic file separation: A thematic review. *Dental and Medical Problems*. 2024;61(2):269-78. <https://doi.org/10.17219/dmp/156805>
3. McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. Endodontic instrument fracture: causes and prevention. *British dental journal*. 2013 Apr 13;214(7):341-8. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2013.324>
4. Madarati AA, Watts DC, Qualtrough AJ. Factors contributing to the separation of endodontic files. *British Dental Journal*. 2008 Mar;204(5):241-5. <https://doi.org/10.1038/bdj.2008.152>
5. Caballero-Flores H, Nabeshima CK, Binotto E, Machado ME. Fracture incidence of instruments from a single-file reciprocating system by students in an endodontic graduate programme: a cross-sectional retrospective study. *International endodontic journal*. 2019 Jan;52(1):13-8. <https://doi.org/10.1111/iej.12982>
6. Lee W, Song M, Kim E, Lee H, Kim HC. A survey of experience-based preference of Nickel-Titanium rotary files and incidence of fracture among general dentists. *Restorative dentistry & endodontics*. 2012 Nov 1;37(4):201-6. <https://doi.org/10.1002/cphc.201402810>
7. Madarati AA, Qualtrough AJ, Watts DC. Factors affecting temperature rise on the external root surface during ultrasonic retrieval of intracanal separated files. *Journal of Endodontics*. 2008 Sep 1;34(9):1089-92. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.05.018>
8. Noenko I, Goncharuk-Khomyn M, Belun V, Biley A. Counterfeit Endodontic Files Features Objectified with Scanning Electronic Microscopy: Comparative Study of SOCO SC Pro Original and Falsified Rotary Instruments. *Journal of International Dental & Medical Research*. 2023 Apr 1;16(2).
9. 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 Jan 1;16(1).
10. Noenko IV, Bilei AM, Brotsky NO, Sheverya SM. Principal differences between original and counterfeit rotary endodontic files according to the results of scanning electron microscopy (on the example of SOCO SC PRO system. *Innovation in Stomatology*. 2023;4:15-21. <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2023.4.3>
11. Campbell F, Cunliffe J, Darcey J. Current technology in endodontic instrumentation: advances in metallurgy and manufacture. *British Dental Journal*. 2021 Jul;231(1):49-57. <https://doi.org/10.1038/s41415-021-3170-1>
12. Özdemir O, Kopac T. Recent progress on the applications of nanomaterials and nano-characterization techniques in endodontics: a review. *Materials*. 2022 Jul 22;15(15):5109. <https://doi.org/10.3390/ma15155109>
13. Zanza A, D'Angelo M, Reda R, Gambarini G, Testarelli L, Di Nardo D. An update on nickel-titanium rotary instruments in endodontics: mechanical characteristics, testing and future perspective—an overview. *Bioengineering*. 2021 Dec 16;8(12):218. <https://doi.org/10.3390/bioengineering8120218>
14. Gomes MS, Vieira RM, Böttcher DE, Plotino G, Celeste RK, Rossi-Fedele G. Clinical fracture incidence of rotary and reciprocating NiTi files: A systematic review and meta-regression. *Australian Endodontic Journal*. 2021 Aug;47(2):372-85. <https://doi.org/10.1111/aej.12484>
15. Alamoudi RA, Alfarran A, Alnamnakani B, Howait M, Alghamdi NS, Ain TS. Assessment of Incidence, Management and Contributory Factors of Root Canal Instrument Separation in an Endodontics Post-Graduate Program: A Retrospective Clinical Study. *Nigerian Journal of Clinical Practice*. 2024 Jan 1;27(1):16-21. [https://doi.org/10.4103/njcp.njcp\\_833\\_22](https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_833_22)

- 
16. Hassan H, Ali SM, Khawar B, Riaz S, Zia R, Hameed M. Endodontic file separation and its management among dentists in Punjab, Pakistan: a cross-sectional study. *Brazilian Journal of Oral Sciences*. 2024 Feb 2;22:e233938. <https://doi.org/10.20396/bjos.v22i00.8673938>
  17. Tzanetakis GN, Kontakiotis EG, Maurikou DV, Marzelou MP. Prevalence and management of instrument fracture in the postgraduate endodontic program at the Dental School of Athens: a five-year retrospective clinical study. *Journal of Endodontics*. 2008 Jun 1;34(6):675-8. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.02.039>
  18. Iqbal MK, Kohli MR, Kim JS. A retrospective clinical study of incidence of root canal instrument separation in an endodontics graduate program: a PennEndo database study. *Journal of endodontics*. 2006 Nov 1;32(11):1048-52. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.03.001>
  19. Eskibağlar M, Özata MY, Ocak MS, Öztekin F. Investigation of fracture prevalence of instruments used in root canal treatments at a faculty of dentistry: a prospective study. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 2023 Nov;48(4). <https://doi.org/10.5395/rde.2023.48.e38>
  20. Cunha RS, Junaid A, Ensinas P, Nudera W, da Silveira Bueno CE. Assessment of the separation incidence of reciprocating WaveOne files: a prospective clinical study. *Journal of endodontics*. 2014 Jul 1;40(7):922-4. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.03.016>
  21. Ungerechts C, Bårdsen A, Frisstad I. Instrument fracture in root canals-where, why, when and what? A study from a student clinic. *International endodontic journal*. 2014 Feb;47(2):183-90. <https://doi.org/10.1111/iej.12131>
  22. Algarni Y. Fracture Incidence of New Reciprocating Nickel–Titanium (NiTi) Files: A Cross-Sectional Retrospective Study. *Cureus*. 2024 Aug 25;16(8):e67762. <https://doi.org/10.7759/cureus.67762>
  23. Bueno CS, Oliveira DP, Pelegrine RA, Fontana CE, Rocha DG, Gutmann JL, Bueno CE. Fracture incidence of WaveOne Gold files: a prospective clinical study. *International endodontic journal*. 2020 Sep;53(9):1192-8. <https://doi.org/10.1111/iej.13349>
  24. Bueno CS, de Oliveira DP, Pelegrine RA, Fontana CE, Rocha DG, da Silveira Bueno CE. Fracture incidence of WaveOne and Reciproc files during root canal preparation of up to 3 posterior teeth: a prospective clinical study. *Journal of endodontics*. 2017 May 1;43(5):705-8. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.024>
  25. Alfouzan K, Jamleh A. Fracture of nickel titanium rotary instrument during root canal treatment and re-treatment: a 5-year retrospective study. *International endodontic journal*. 2018 Feb;51(2):157-63. <https://doi.org/10.1111/iej.12826>
  26. Patnana AK, Chugh A, Chugh VK, Kumar P. The incidence of nickel-titanium endodontic hand file fractures: a 7-year retrospective study in a tertiary care hospital. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*. 2020 Jan 1;23(1):21-5. [https://doi.org/10.4103/JCD.JCD\\_254\\_20](https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_254_20)
  27. Machado R, Júnior CS, Colombelli MF, Picolli AP, Junior JS, Cosme-Silva L, Garcia LD, Alberton LR. Incidence of ProTaper universal system instrument fractures-a retrospective clinical study. *Eur Endod J*. 2018 Jul 19;3(2):77-81. <https://doi.org/10.14744/eej.2018.30592>
  28. Wolcott S, Wolcott J, Ishley D, Kennedy W, Johnson S, Minnich S, Meyers J. Separation incidence of protaper rotary instruments: a large cohort clinical evaluation. *Journal of endodontics*. 2006 Dec 1;32(12):1139-41. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.05.015>
  29. Wu J, Lei G, Yan M, Yu Y, Yu J, Zhang G. Instrument separation analysis of multi-used ProTaper Universal rotary system during root canal therapy. *Journal of endodontics*. 2011 Jun 1;37(6):758-63. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.02.021>
  30. Feghali M, Xhajanka E, Di Nardo D, Bhandi S, Kassabian P, Seracchiani M, Gambarini G, Testarelli L. Incidence of different types of intracanal fracture of nickel–titanium rotary instruments: a systematic review. *Journal of cotemporary dental practice*. 2021;22(4):427-34.