

Петро Гурін¹, Віталій Біда¹, Михайло Васильєв²

¹ Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, м. Київ, Україна

² Інститут металофізики імені Г. В. Курдюмова НАН України, м. Київ, Україна

Механічні пошкодження зубних імплантатів (огляд літератури)

▷ **Актуальність.** Використання остеоінтегрованих стоматологічних імплантатів вважається значним кроком у сучасній стоматології, даючи стоматологам можливість пропонувати як функціональні, так і естетичні рішення для пацієнтів із частковою або повною адентією. Незважаючи на високий початковий рівень успішності, який останнім часом наближається до 100 %, низка експериментальних досліджень показала, що кінцевий результат може бути зіпсований багатьма ускладненнями. Знання про типи ускладнень, які можуть виникнути під час і після стоматологічних процедур, є важливим аспектом планування лікування, комунікації між стоматологом і пацієнтом, інформованої згоди та післяопераційного догляду.

Мета: проаналізувати поточну частоту ускладнень, пов'язаних із титановими імплантатами, що спостерігалося клінічно та повідомлялося в новітній літературі, а також порівняти її з результатами *in vitro* та ранніми клінічними спостереженнями.

Матеріали і методи. Інформаційний пошук і аналіз наукових джерел здійснювали з використанням наукометричних баз даних Web of Science, PubMed, Google Scholar, Scopus, SpringerLink, ScienceDirect, Wiley Online Library, охоплюючи публікації за останні 50 років.

Висновки. Методики дентальної імплантації значно розширили реконструктивні можливості протезування в ортопедичній стоматології. Однак після завершення операції з установлення гвинтових титанових імплантатів можливі певні ускладнення, що вимагають їх естирпації. Клінічні ускладнення з імплантатами та протезами на імплантатах поділяють на шість категорій: хірургічні, втрата імплантату, втрата кісткової тканини, проблеми з м'якими тканинами навколо імплантату, механічні та естетичні/фонетичні. Розглянуто два основних види механічних ускладнень, пов'язаних із раптовим зломом тіла імплантату та гвинта для з'єднання абатменту. Біомеханічне та фізіологічне перевантаження, здається, є найпоширенішою причиною перелому зубних імплантатів. Перевантаження може бути спричинене переважно двома чинниками: парафункціональними звичками та конструкцією протеза. Парафункціональні звички, як-от бруксизм або стискання, можуть збільшити перевантаження системи імплантат–протез через величину, тривалість, частоту та напрямок прикладених сил. Інші клінічні випадки пов'язані з механічними пошкодженнями імплантату і протеза, зокрема розцементуванням, розхитуванням гвинта, переломом гвинта чи імплантату. Останній передбачає перелом гвинтоподібного тіла імплантату та гвинта фіксації абатменту.

Ключові слова: ортопедична стоматологія; зубні імплантати; титан; абатмент; втомний злам.

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



Вступ

Основи методики дентальної імплантації закладено шведським професором анатомії, хірургом-ортопедом, доктором Р.-І. Brånemark, який 1952 р. запропонував термін «остеоінтеграція» [1, 2]. Це відкриття здійснило революцію в дентальній імплантології, а також значно розширило реконструктивні можливості протезування в ортопедичній хірургії [3–7]. Остеоінтегровані стоматологічні імплантати вважаються величезним

кроком у сучасній стоматології, даючи лікарям можливість пропонувати пацієнтам із частковою або повною адентією як функціональні, так і естетичні рішення.

Типовий зубний імплантат складається з тіла імплантату, що призначене для хірургічного розміщення в кістці (рис. 1, 2). Кореневі імплантати є поширеною формою тіла імплантату з гвинтовою конструкцією для міцного фіксування імплантату до кістки. Абатмент — це частина імплантату,

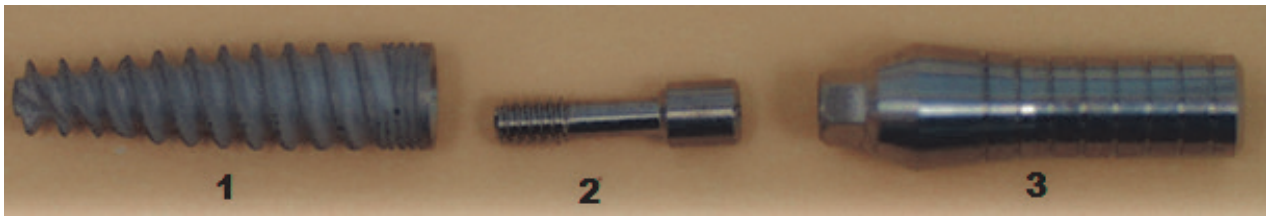


Рис. 1. Компоненти імплантату [8]: 1 — корпус імплантату; 2 — гвинт абатменту; 3 — абатмент

яка слугує для підтримки та/або утримання супраструктури (тобто незнімного або знімного протеза).

Титан — основний матеріал імплантатів

Сьогодні зубні імплантати виготовляють або з технічно чистого (CP) титану, або з титанових сплавів. Ti-6Al-4V — основний біомедичний титановий сплав, що використовується для виготовлення зубних імплантатів. Високі фізико-механічні властивості, значна стійкість до втоми та корозії, відносна відсутність токсичного впливу на макрофаги та фібробласти, а також відсутність запальної реакції в періімплантних тканинах і добра біосумісність — основні переваги цього матеріалу, що робить його придатним для виготовлення імплантатів [10–14].

Поняття «ускладнення» в зубній імплантації

Знання про типи ускладнень, які можуть виникнути під час і після стоматологічних процедур, є важливим аспектом планування лікування, комунікації між стоматологом і пацієнтом, інформованої згоди та післяопераційного догляду. Клінічні ускладнення з імплантатами та протезами на них поділяють на шість категорій: хірургічні, втрата імплантату, втрата кісткової тканини, проблеми з м'якими тканинами навколо імплантату, механічні та естетичні/фонетичні [15–17]. Ускладнення — це нездатність імплантату виконувати своє призначення (функціональне чи естетичне) з механічних або біологічних причин у діапазоні, який диференціюється у зарубіжній літературі від «невдачі» (failure) до «ускладнення» (complication). Спочатку термін «ускладнення» використовувався для позначення зворотних станів, тобто тих, які можна було виправити. Однак у новітній літературі термін «невдача» застосовується як для зворотних, так і для незворотних станів, пов'язаних із зубними імплантатами. У цьому систематичному огляді терміни «ускладнення» та «невдача» використовуються як синоніми.

Незважаючи на високий початковий рівень успішності, який останнім часом наближається

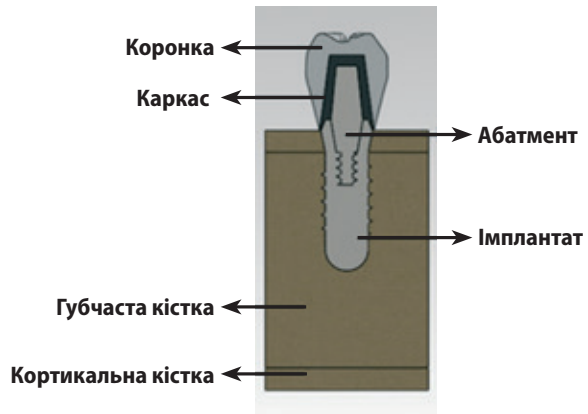


Рис. 2. Модель імплантату [9]

до 100 %, низка експериментальних досліджень та досліджень на людях показала, що кінцевий результат може бути зіпсований багатьма ускладненнями. Невдачі в імплантологічній терапії в основному поділяються на біологічні, пов'язані з біологічними процесами, що впливають на тканини, які підтримують імплантати (наприклад, порушення остеоінтеграції, тяжка інфекція, кістка та оточуюча слизова оболонка) [18, 19], і технічні, або механічні ускладнення, що включають механічне пошкодження імплантатів, абатментів та/або надбудов (зокрема, ослаблення гвинтів, поломка гвинтів чи імплантатів) [20–22]. Знання клінічних ускладнень, які можуть виникнути під час незнімного протезування, підвищує здатність лікаря провести ретельну діагностику, розробити найпридатніший план лікування, донести до пацієнтів реалістичні очікування та спланувати часові інтервали, необхідні для догляду після лікування.

Злам тіла гвинтового імплантату

Одним із найсерйозніших механічних ускладнень, з яким доводиться стикатися, є перелом остеоінтегрованих титанових імплантатів гвинтового типу. Це проблема не лише для пацієнта, а й для лікаря, оскільки зазвичай призводить до втрати як імплантату, так і протеза. Перелом імплантату може бути однією з основних причин пізнього ускладнення після імплантації. Можуть виникнути ускладнення, як-от розхитування чи перелом реставраційних компонентів протеза або навіть перелом імплантату, і лікарі повинні знати причини цих ускладнень [23–27].

Перелом імплантату може статися під час встановлення імплантату як хірургічне ускладнення, спричинене високим крутним моментом під час введення, або після навантаження протеза як механічне ускладнення [15]. Переломи зубних імплантатів часто пов'язані із запальними реакціями в місці перелому [28]. Кровотеча та втрата кісткової тканини є поширеними клінічними ознаками переломів імплантатів [29].

Біомеханічне та фізіологічне перевантаження, здається, є найпоширенішою причиною перелому зубних імплантатів. Воно може бути спричинене переважно двома чинниками: парафункціональними звичками та конструкцією протеза. Парафункціональні звички, як-от бруксизм або стискання, можуть збільшити перевантаження системи імплантат-протез через величину, тривалість, частоту та напрямок прикладених сил [30]. Інші клінічні випадки пов'язані з механічними пошкодженнями імплантату та протеза, зокрема розцементуванням, розхитуванням гвинта, переломом гвинта або каркаса та переломом імплантату. Останній включає перелом гвинтоподібного тіла імплантату та гвинта фіксування абатменту [31]. Імплантати малого діаметру зазвичай ламаються легше, ніж ті, що великого, особливо під час розміщення у задній ділянці [32]. Повідомлялося, що імплантати, особливо в задніх відділах, мають більший ризик перелому, оскільки сила натиску в цих ділянках майже втричі вища, ніж сила, якій піддаються імплантати у передній ділянці, і це зазвичай відбувається упродовж перших 2–3 років функціонування [33]. У процесі аналізу можливих причин переломів зубних імплантатів слід враховувати велику кількість чинників. Також необхідно враховувати розташування імплантату, недостатню кількість імплантатів, що підтримують протез, матеріал і діаметр імплантату та інші чинники. Лікування перелому імплантату може бути складним завданням для клініциста через хірургічні, реабілітаційні та емоційні наслідки [34]. Причини зламу імплантату можна розділити на три категорії: 1) дефекти в конструкції матеріалу; 2) непасивне прилягання протезної конструкції; 3) біомеханічне або фізіологічне перевантаження [35]. Напруження, спричинене утримуючими гвинтами протезів з непасивним приляганням, чинить постійний натяг на імплантат, що може призвести до його перелому. Часто послаблення гвинта передує перелому імплантату і може бути попереджувальною ознакою того, що протезна конструкція потребує повторної оцінки [36]. Для діагностичних цілей чинники ризику, пов'язані з переломами зубних імплантатів, розділено на три

основних групи: 1) чинники, пов'язані з пацієнтом: глибина кишені ≥ 5 мм, резорбція кістки та парафункціональні звички; 2) чинники, пов'язані з імплантатами: діаметр < 4 мм, конструкція імплантату та співвідношення коронки/імплантату > 1 ; 3) чинники, пов'язані з протезом: розхитування або перекручування протезних гвинтів, використання консолей та металокерамічні переломи [37]. Якщо вісь імплантату розташована на певній відстані від центру протезної коронки, сили, що створюються цією відстанню від точки оклюзійного контакту до осі імплантату, можуть спричинити послаблення гвинта або руйнування компонента. Однак у випадку незнімних протезів, якщо ця компенсація є частиною штативної організації, умови можуть стати сприятливими [38]. Неприятливі оклюзійні сили можуть призвести до механічних ускладнень з компонентами ротових імплантатів. Позаосьові сили викликають згинальні моменти, які є особливо шкідливими. Оскільки максимальні сили навантаження утричі більші в ділянках молярів порівняно з передніми ділянками, відновлення бічних зубів у людей з частковою їх відсутністю піддає імплантат найбільшим навантаженням [39]. Чинники навантаження тісно пов'язані з величиною та напрямком оклюзійних сил. Оклюзійні сили, що виникають під час жування, майже втричі потужніші в бічних відділах порівняно з переднім відділом. Хоча оклюзійні сили переважно вертикальні в бічних відділах, коли нахили протилежних зубних горбків стикаються один з одним під час жування, нижня щелепа виконує горизонтальний рух, створюючи небажані бічні сили, які передаються як на імплантат, так і на кістку [40]. Збільшена сила, тривалість і частота оклюзійного навантаження, а також посилений букально-лінгвальний рух нижньої щелепи наражають імплантат на ризик перелому через перевантаження згином [41]. Коефіцієнти навантаження залежать від величини та напрямку оклюзійних сил. Дев'яносто відсотків переломів зубних імплантатів відбуваються в ділянках молярів та премолярів рота, де жувальні сили та бічні рухи, пов'язані з нахилом горбка, створюють небажані сили. Жувальні оклюзійні сили під час функціонування втричі інтенсивніші в задній ділянці [42].

Досліджено [43] частоту переломів імплантатів, а також чинники, які можуть спричинювати підвищений ризик переломів імплантатів. Проведено ретроспективну оцінку 4937 імплантатів. Виявлено, що імплантати ламалися з однаковою частотою у верхній і нижній щелепах (0,6%), переломи імплантатів траплялися частіше у частково беззубих реставраціях (1,5%), ніж у рестав-

раціях повністю беззубих дуг (0,2%), усі спостережувані переломи були з комерційно чистими різьбовими імплантатами діаметром 3,75 мм.

Пошук [44] надав 1310 назв та анотацій, з яких 159 було відібрано для повнотекстового аналізу. Загалом було включено 51 дослідження. Перелом метаімплантату є рідкісним ускладненням і трапляється у <1% усіх імплантатів упродовж 5-річного періоду. Перелом тіла імплантату є рідкісним ускладненням імплантаційного лікування і трапляється лише приблизно у 0,6% випадків [45]. Частота переломів імплантатів за даними 5-річних клінічних досліджень коливалася від 0,2 до 3,5%. Довгострокове 15-річне спостереження показало, що частота переломів імплантатів у верхній щелепі становила 16%, у нижній — 4% [46].

Електронний та ручний пошук [47] дав 69 відповідних публікацій, у яких повідомлялося про 827 переломів із 44 521 дослідженого імплантату. Загальна частота переломів імплантатів становила 1,6%. Середній вік пацієнтів на момент перелому імплантату був 54 ± 11 років і 70% випадків траплялися у чоловіків. Ускладнення виникали під час відстеження таких чинників: крайова втрата кісткової тканини від 1,0 до 3,0 мм у 520 імплантатів (23,9%) та 4,0–6,0 мм у 18 імплантатів (8,3%); розхитування гвинта — 17 (7,8%); перелом гвинта абатменту — 4 (1,8%); переломом тіла імплантату в 5 імплантатів (2,3%) [48]. Повідомляється про рівень переломів фіксованих зубів у 12,5% на верхній щелепі та 14,3% на нижній для імплантатів Brånemark, що використовуються для заміни одного моляра [49]. Сім досліджень [50] надали інформацію про діаметри як встановлених, так і зламаних імплантатів. Отже, зареєстровано 868 імплантатів із сімома різними діаметрами. Найчастіше використовувався діаметр 4 мм — 287 імплантатів, з яких 17 зламалися, що відповідає частоті переломів 5,9%. З 12 вибраних досліджень лише чотири надали довжину як встановлених, так і зламаних імплантатів. У цих чотирьох дослідженнях 594 імплантати мали вісім різних довжин. Найпоширенішим був імплантат завдовжки 8 мм (56,4%); однак лише один імплантат завдовжки 8 мм зламався, що відповідає 0,3% переломів із загальної кількості імплантатів такої самої довжини. Щодо імплантатів завдовжки 10 та 17 мм, у кожній категорії було встановлено по одному імплантату і обидва зламалися, що відповідає 100% зламанню імплантатів такої довжини. Перелом фіксатора є найкатастрофічнішою поломкою імплантатного обладнання, оскільки воно зазвичай призводить до втрати імплантату. У 20-річному

ретроспективному звіті щодо досвіду Brånemark повідомляється про частоту ламання до 5% для фіксаторів стандартного діаметра. Загальна поширеність механічних відмов, оцінена в огляді [51], становила від 5,6 до 7,7% ($p < 0,05$), і тому заслуговує на належну увагу, маючи подібну поширеність до біологічних та естетичних ускладнень. Найпоширенішим механічним ускладненням було розхитування гвинта, а потім його перелом для протезів на імплантатах. Верхньощелепна дуга була схильніша до механічних ускладнень та відмов, пов'язаних з імплантатами, порівняно з нижньощелепною, зі співвідношенням шансів 4,66, що було статистично значущим. Метааналіз показав, що механічні відмови протезів на імплантатах становлять від 2,9 до 3%. Перелом остеоінтегрованого імплантату є відносно рідкісним механічним ускладненням з оціночною частотою 0,2–1,5% [52].

Руйнування абатменту

Абатменти мають два шари, які торкаються м'яких тканин: внутрішній (близько 40 мкм), в якому фібробласти безпосередньо прикріплюються до кістки і поверхні абатментів (прикріплені до кістки), та зовнішній (160 мкм), що складається переважно з колагенових волокон, прикріплених лише до абатменту (прикріплені до абатменту ясна) [53, 54]. Повідомляється, що розхитування гвинта абатменту є найпоширенішим протезно-механічним ускладненням, яке, як вважають, передуює складнішому перелому гвинта абатменту або імплантату [55, 56]. Середній показник розхитування гвинта абатменту, за даними досліджень, становив 7–45% протягом першого десятиліття терапії одним імплантатом. Загалом час виникнення розхитування гвинта коливався від 1,17 до 7 років [57]. Абатменти імплантатів зазвичай виготовляють з титану. Часте розхитування гвинтів може бути чинником ризику перелому зубного імплантату, що вказує на необхідність зміни конструкції протеза. Можна висунути гіпотезу, що причиною втомного руйнування з'єднання абатменту імплантату є відсутність щільного прилягання або закриття форми конструкції з'єднання. Ключовою причиною ослаблення з'єднання абатменту імплантату є втрата попереднього натягу на гвинті абатменту та, як наслідок, відкручування або втомне руйнування матеріалу гвинта [58]. Повідомлялося про вищу частоту розхитування гвинтів для одиночних коронкових протезів у ділянці премолярів та молярів, ніж у передній ділянці [59]. Силowe зчеплення та щільне закриття форми між імплантатом та абатментом — це чинники, що покращують

стійкість з'єднання до механічного руйнування. Вважається, що вони компенсують один одного, навіть якщо один чинник відносно слабший за інший, він однаково забезпечує стабільне з'єднання [60]. Динамічні сили навантаження під час фізіологічної функції, які не перевищують максимальний опір з'єднання абатменту імплантату або навіть значно нижчі за нього, можуть поступово послабити з'єднання абатменту імплантату або призвести до його раптового руйнування через втому [61]. У двоетапній системі імплантації абатмент безпосередньо з'єднується з тілом імплантату за допомогою гвинта абатменту, а на ньому закріплюється супраструктура гвинтом або цементом. Припускають, що розподіл напружень у тілі імплантату та супраструктурі пов'язаний із такими чинниками: положення імплантату, кут вбудовування, глибина вбудовування, кут навантаження відносно осі імплантату, придатність супраструктури відносно абатменту імплантату, придатність з'єднання імплантату та абатменту, оклюзійна сила [62].

Висновки

Методики дентальної імплантації значно розширили реконструктивні можливості протезування в ортопедичній стоматології. Однак після завершення операції із встановлення гвинтових титанових імплантатів можливі певні ускладнення, що вимагають їх естирпації. Клінічні ускладнення з імплантатами та протезами на імплантатах поділяють на шість категорій: хірургічні, втрата

імплантату, втрата кісткової тканини, проблеми з м'якими тканинами навколо імплантату, механічні та естетичні/фонетичні. Розглянуто два основних види механічних ускладнень, пов'язаних із раптовим зломом тіла імплантату та гвинта для з'єднання абатменту. Біомеханічне та фізіологічне перевантаження, здається, є найпоширенішою причиною перелому зубних імплантатів; перевантаження може бути спричинене переважно двома чинниками: парафункціональними звичками та конструкцією протеза. Парафункціональні звички, як-от бруксизм або стискання, можуть збільшити перевантаження системи імплантат-протез через величину, тривалість, частоту та напрямок прикладених сил. Інші клінічні випадки пов'язані з механічними пошкодженнями імплантату і протеза, зокрема розцементуванням, розхитуванням гвинта, переломом гвинта чи імплантату. Останній передбачає перелом гвинтоподібного тіла імплантату та гвинта фіксації абатменту.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Згода на публікацію

Автори ознайомлені з результатами і схвалили остаточний варіант рукопису.

Використання штучного інтелекту

Автори стверджують, що під час написання статті штучний інтелект не використовувався.

ПОСИЛАННЯ / REFERENCES

1. Brånemark, R., Brånemark, P.-I., Rydevik, B., & Myers, R. (2001). Osseointegration in skeletal reconstruction and rehabilitation: a review. *J. Rehabil. Res. Devel.*, 38(2), 175–188. PMID: 11392650.
2. Adell, R., Lekholm, U., Rockler, B., & Brånemark, P.-I. (1981). A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int. J. Oral Surg.*, 10, 387–416. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0300-9785\(81\)80077-4](https://doi.org/10.1016/S0300-9785(81)80077-4).
3. Panchal, M., Khare, S., Khamkar, P., & Suresh Bhole, K. (2022). Dental implants: A review of types, design analysis, materials, additive manufacturing methods, and future scope. *Mater. Today: Proc.*, 68, 1860–1867. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.049>.
4. Pandey, C., Rokaya, D., & Bhattarai, B. P. (2022). Contemporary Concepts in Osseointegration of Dental Implants: A Review. *BioMed Res. Int.*, 2022, 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/6170452>.
5. Guillaume, B. (2016). Dental implants: A review. *Morphologie*, 100, 189–198. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.morpho.2016.02.002>.
6. Chopra, D., Jayasree, A., Guo, T., Gulati, K., & Ivanovski, S. (2022). Advancing dental implants: Bioactive and therapeutic modifications of zirconia. *Bioactive Materials*, 13, 161–178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2021.10.010>.
7. Warreth, A., Ibieyou, N., O'Leary, R., Cremonese, M., & Abdulrahim, M. (2017). Dental implants: An overview. *Dental Update*, 44, 596–620. DOI: <https://doi.org/10.12968/denu.2017.44.7.596>.
8. Khaled Bataineh, & Mohammad Al Janaideh. (2019). Effect of different biocompatible implant materials on the mechanical stability of dental implants under excessive oblique load. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.*, 21(6), 1206–1217. DOI: <https://doi.org/10.1111/cid.12858>.

9. Ziaie, B., & Khalili, S. M. R. (2021). Evaluation of Fatigue Life for Dental Implants Using FEM Analysis. *Prosthesis*, 3, 300–313. DOI: <https://doi.org/10.3390/prosthesis3040028>.
10. Brånemark, P.-I., Adell, R., Albrektsson, T., Lekholm, U., Lundkvist, S., & Rockle, B. (1983). Osseointegrated titanium fixtures in the treatment of edentulousness. *Biomaterials*, 3(4), 25–33. DOI: [https://doi.org/10.1016/0142-9612\(83\)90065-0](https://doi.org/10.1016/0142-9612(83)90065-0).
11. Mostardi, R. A., Meerbaum, S. O., Kovacik, M. W., & Gradisar, I. A. Jr. (1999). In vitro response of human fibroblasts to commercially pure titanium. *J. Biomed. Mater. Res.*, 47, 60–64. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4636\(199910\)47:1<60::AID-JBM8>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4636(199910)47:1<60::AID-JBM8>3.0.CO;2-X).
12. Ribeiro, D. A., Matsumoto, M. A., Pedovan, L. E. M., Marques M. E. A., & Salvadori D. M. F. (2007). Genotoxicity of corrosion eluates obtained from endosseous implants. *Impl. Dent.*, 16, 101–109. DOI: <https://doi.org/10.1097/ID.0b013e3180327663>.
13. Van Noort, R. (1987). Titanium: the implant material of today. *J. Mater. Sci.*, 22, 3801–3822. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01133326>.
14. Niinomi, M. (1998). Mechanical properties of biomedical titanium alloys. *Mater. Sci. Eng. A*, 243, 231–237. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-5093\(97\)00806-X](https://doi.org/10.1016/S0921-5093(97)00806-X).
15. Goodacre, C. J., Bernal, G., Rungcharassaeng, K., & Kan, J. Y. (2003). Clinical complications with implants and implant prostheses. *J. Prosthet. Dent.*, 90, 121–132. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(03\)00212-9](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(03)00212-9).
16. Vahidi, F., & Pinto-Sinai, G. (2015). Complications associated with implant-retained removable prostheses. *Dent Clin*, 59(1), 215–226. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cden.2014.08.001>.
17. Berglundh, T., Persson, L., & Klinge, B. (2002). A systematic review of the incidence of biological and technical complications in implant dentistry reported in prospective longitudinal studies of at least 5 years. *J. Clin. Periodontol.*, 29, 197–212. DOI: <https://doi.org/10.1034/j.1600-051X.29.s3.12.x>.
18. Bjarni, E. Pjetursson, Ken, Tan, Niklaus, P. Lang, Urs, Brägger, Matthias, Egger, Marcel, Zwahlen. (2004). A systematic review of the survival and complication rates of implant-supported fixed dental prostheses (FDPs) after a mean observation period of at least 5 years. *Clin. Oral Implant. Res.*, 23(6), 22–38. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2004.01117.x>.
19. Esposito, M., Hirsch, J. M., Lekholm, U., & Thomsen, P. (1998). Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. Success criteria and epidemiology. *Eur. J. Oral Sci.* 106, 527–55. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.0909-8836..t01-2-x>.
20. Gealh, C. W., Mazzo, V., Barbi, F., & Camarini, E. T. (2011). Osseointegrated implant fracture: causes and treatment. *J. Oral Implant.*, 37(4) 499–503. DOI: <https://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-09-00135.1>.
21. Pommer, B., Frantal, S., Willer, J., Posch, M., Watzek, G., & Tepper, G. (2011). Impact of dental implant length on early failure rates: a meta-analysis of observational studies. *J. Clin. Periodont.*, 38(9), 856–863. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2011.01750.x>.
22. Roy, M., Loutan, L., Garavaglia, G., & Hashim, D. (2020). Removal of osseointegrated dental implants: a systematic review of explantation techniques. *Clin. Oral Invest*, 24, 47–60. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-019-03127-0>.
23. Tafuri, G., Santilli, M., Manciocchi, E., & Rexhepi, I. (2023). A systematic review on removal of osseointegrated implants: un update. *BMC Oral Health*, 23(1), 756–765. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03438-5>.
24. Sánchez-Pérez, A., Moya-Villaescusa, M. J., Jornet-García, A., & Gomez, S. (2010). Etiology, risk factors and management of implant fractures. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal.*, 15, 504–508. DOI: <https://doi.org/10.4317/medoral.15.e504>.
25. Atalay, P. (2022). Mechanical Complications of Dental Implants: A Review. *J. Dental Sci.*, 7(4), 1–5. DOI: <https://doi.org/10.23880/oajds-16000349>.
26. Piattelli, A., Scarano, A., Piattelli, M., Vaia, E., & Matarasso, S. (1998). Hollow implants retrieved for fracture: a light and scanning electron microscope analysis of 4 cases. *J. Periodontol.*, 69, 185–189. DOI: <https://doi.org/10.1902/jop.1998.69.2.185>.
27. Eckert, S. E., Meraw, S. J., Cal, E., & Ow, R. K. (2000). Analysis of incidence and associated factors with fractured implants: a retrospective study. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 15, 662–667. PMID: 11055133.
28. Tabrizi, R., Behnia, H., Taherian, S., & Hesami, N. (2017). What Are the Incidence and Factors Associated with Implant Fracture? *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 6, 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2017.05.014>.
29. Balshi, T. J. (1996). An analysis and management of fractured implants: A Q14 clinical report. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 11, 660–666.
30. Balshi, T. J., Hernandez, R. E., Pryszyk, M. C., & Rangert, B. (1996). A comparative study of one implant versus two replacing a single molar. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 11, 372–378.
31. Morgan, M. J., James, D. F., & Pilliar, R. M. (1993). Fractures of the fixture component of an osseointegrated implant. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 8, 409–414.
32. Green, N. T., Machtei, E. E., Horwitz, J., & Peled, M. (2002). Fracture of dental implants: literature review and report of a case. *Implant Dent.*, 11, 137–143. DOI: <https://doi.org/10.1097/00008505-200204000-00014>.

33. Traini, T., De Paoli, S., Caputi S., Iezzi, G., & Piattelli, A. (2006). Collagen fiber orientation near a fractured dental implant after a 5-year loading period: case report. *Implant Dent.*, 15, 70–76. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.id.0000202420.49004.1e>.
34. Goiato, M. C., Andreotti, A. M., dos Santos, D. M., Nobrega, A. S., de Caxias, F. P., & Bannwart, L. C. (2019). Influence of length, diameter and position of the implant in its fracture incidence: A Systematic Review. *J. Dent. Res. Dent. Clin. Dent. Prospect.*, 13(2), 109–116. DOI: <https://doi.org/10.15171/joddd.2019.017>.
35. Balshi, T. J., & Wolfinger, G. J. (1996). Conversion Prosthesis: A Transitional Fixed Implant-Supported Prosthesis for an Edentulous Arch—A Technical Note. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 11, 106–111.
36. Chrcanovic, B. R., Kisch, J., Albrektsson, T., & Wennerberg, A. (2017). Factors influencing the fracture of dental implants. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.*, 20(1), 58–67. DOI: <https://doi.org/10.1111/cid.12572>.
37. Rangert, B., Krogh, P. H. T., Langer, B., & Roedel, N. V. (1995). Bending overload and implant fracture: a retrospective clinical analysis. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 10, 326–333.
38. Delantoni, A., Sengun, D. N., & Orhan, K. (2025). Fracture of Osseointegrated Dental Implants: A Comprehensive Review. *Genel. Tip. Derg.*, 35(3), 512–518. DOI: <https://doi.org/10.54005/geneltip.1643015>.
39. Schwarz, M. S. (2000). Mechanical complications of dental implants. *Clin. Oral Impl. Res.*, 11(1), 156–158. DOI: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0501.2000.01151156.x>.
40. Rangert, B., Jemt, T., & Jorneus, L. (1989). Forces and moments on Brånemark implants. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 4, 241–248. PMID: 2700747.
41. Zarb, G. A., & Schmitt, A. (1990). The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated implants: the Toronto study, part III. Problems and complications encountered. *J. Prosth. Dent.*, 64, 185–194. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(90\)90177-E](https://doi.org/10.1016/0022-3913(90)90177-E).
42. Traiani, T., Paoli, S. D., Caputi, S., Lezzi, G., & Piattelli, A. (2006). Collagen fiber orientation near a fractured dental implant after a 5 year loading period: case report. *Implant Dent.*, 15, 70–74. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.id.0000202420.49004.1e>.
43. Stoichkov, B., & Kirov, D. (2018). Analysis of the causes of dental implant fracture: A retrospective clinical study. *Quintessence Int.*, 49(4), 279. DOI: <https://doi.org/10.3290/j.qi.a39846>.
44. Adler, L., Buhlin, K., & Jansson, L. (2020). Survival and complications: A 9- to 15-year retrospective follow-up of dental implant therapy. *J. Oral Rehabil.*, 47(1), 67–77. DOI: <https://doi.org/10.1111/joor.12866>.
45. Gibney, K. (2004). Fracture of the body of an implant and its management — a case history. *Drit. Dent. J.*, 197, 615–617. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4811824>.
46. Heather, J., Conrad, J., Schulte, K., & Vallee, M. C. (2008). Fractures related to occlusal overload with single posterior implants: A clinical report. *J. Prosth. Dent.*, 99(4), 251–256. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)00041-3](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)00041-3).
47. Durrani, F. (2015). Implant for Posterior Molar with Parafunctional Habit; Cautious Approach. *Int. J. Dent. Sci. Res.*, 3(4), 107–110. DOI: <https://doi.org/10.12691/ijdsr-3-4-6>.
48. Tagger-Green, N., Horwitz, J., Machtei, E. E., Peled, M. (2002). Implant fracture: a complication of treatment with dental implants — review of the literature. *Refuat Hapeh Vehashinayim*, 19(4), 19–24. PMID: 12510252.
49. Nikolopoulou, F., & Sarafianou, A. (2019). Fracture of Dental Implants: A Case Report. *Int. J. Pharm. Pharmaceut. Res.*, 16(3), 38–43.
50. Goh, R., Li, K. C., Atieh, M. A., Ma, S., Oliver, A., Giraldo, D., & Tawse-Smith, A. (2025). The Effect of Implantoplasty on Fracture Resistance and Implant Surface Changes: An In Vitro and Finite Element Analysis Study. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.*, 27(1), e1349—e1359. DOI: <https://doi.org/10.1111/cid.13409>.
51. Verma, A., Singh, S. V., Arya, D., Shivakumar, S., & Chand, P. (2023). Mechanical failures of dental implants and supported prostheses: A systematic review. *J. Oral Biol. Craniofac. Res.*, 13, 306–314. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2023.02.009>.
52. Ruja, M. A., Shokati, B., Mendes, V. C., Azarpazhooh, A., & Chvartszaid, D. (2025). Retrospective analysis of dental implant fracture following loading: A retrospective clinical study. *J. Prosthet Dent.*, 134, 143–150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2025.02.046>.
53. Elsayed, A., Wille, S., Al-Akhali, M., & Kern, M. (2018). Effect of fatigue loading on the fracture strength and failure mode of lithium disilicate and zirconia implant abutments. *Clin. Oral Implant. Res.*, 29, 20–27. DOI: <https://doi.org/10.1111/clr.13034>.
54. Moon, I. S., Berglundh, T., Abrahamsson, I., Linder, E., & Lindhe, J. (1999). The barrier between the keratinized mucosa and the dental implant. An experimental study in the dog. *J. Clin. Periodontol.*, 26, 658–663. DOI: <https://doi.org/10.1034/j.1600-051X.1999.261005.x>.
55. Luterbacher, S., Fourmoussis, I., Lang, N. P., & Brägger, U. (2000). Fractured prosthetic abutments in osseointegrated implants: a technical complication to cope with. *Clin. Oral Implants Res.*, 11(2), 163–170. DOI: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0501.2000.110209.x>.

56. Jung, R. E., Pjetursson, B. E., Glauser, R., Zembic, A., Zwahlen, M., & Lang, N. P. (2008). A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. *Clin. Oral Implants Res.*, 19(2), 119–130. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2007.01453.x>.
57. Katsavochristou, A., & Koumoulis, D. (2019). Incidence of abutment screw failure of single or splinted implant prostheses: A review and update on current clinical status. *J. Oral Rehabil.*, 46, 776–786. DOI: <https://doi.org/10.1111/joor.12817>.
58. Steinebrunner, L., Wolfart, S., Ludwig, K., & Kern, M. (2008). Implant-abutment interface design affects fatigue and fracture strength of implants. *Clin. Oral Implants Res.*, 19, 1276–1284. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2008.01581.x>.
59. Goodacre, C. J., Kan, J. Y. K., & Rungcharassaeng, K. (1999). Clinical complications of osseointegrated implants. *J. Prosthet. Dent.*, 81, 537–552. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(99\)70208-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(99)70208-8).
60. Zarb, G. A., & Schmitt, B. A. (1990). The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants: The Toronto study. Part I: Surgical results. *J. Prosthet. Dent.*, 63(4), 451–457. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(90\)90237-7](https://doi.org/10.1016/0022-3913(90)90237-7).
61. Laney, W. R., Tolman, D. E., Keller, E. E., Desjardins, R. P., Van Roekel, N. B., & Brånemark, P.-I. (1986). Dental Implants: Tissue-Integrated Prosthesis Utilizing the Osseointegration Concept. *Mayo Clin. Proceed.*, 61(2), 91–97. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0025-6196\(12\)65193-3](https://doi.org/10.1016/S0025-6196(12)65193-3).
62. Manfredini, M., Poli, P. P., Giboli, L., Beretta, M., Maiorana, C., & Pellegrini, M. (2024). Clinical Factors on Dental Implant Fractures: A Systematic Review. *Dent. J.*, 12, 200–218. DOI: <https://doi.org/10.3390/dj12070200>.

Mechanical Damage to Dental Implants: A Literature Review

Petro Huryn ¹, Vitaliy Bida ¹, Mihail Vasylyev ²

¹ Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

² G. V. Kurdyumov Institute of Metal Physics of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Introduction. Osseointegrated dental implants are considered a significant advancement in modern dentistry, providing both functional and aesthetic solutions for patients with partial or complete edentulism. Despite the high initial success rate, approaching 100%, various experimental and clinical studies have shown that outcomes may be compromised by complications. Knowledge of potential complications during and after dental procedures is essential for treatment planning, dentist–patient communication, informed consent, and postoperative care.

Aim. The purpose of this literature review was to analyse the current incidence of complications associated with titanium implants, as observed clinically and reported in recent literature, and to compare these findings with in vitro results and early clinical observations.

Materials and Methods. A literature search and analysis were conducted using scientific databases including Web of Science, PubMed, Google Scholar, Scopus, SpringerLink, ScienceDirect, and Wiley Online Library, covering publications from the past 50 years.

Conclusions. Dental implant techniques have significantly expanded the reconstructive possibilities of prosthetic dentistry. However, screw-type titanium implants may be subject to complications requiring removal. Clinical complications with implants and implant-supported prostheses are commonly classified into six categories: surgical, implant loss, bone loss, peri-implant soft tissue problems, mechanical, and aesthetic/phonetic. This review highlights two major mechanical complications: sudden fracture of the implant body and abutment screw. Biomechanical and physiological overload appear to be the most frequent causes of implant fracture, mainly due to parafunctional habits and prosthesis design. Parafunctional habits such as bruxism or clenching can increase overload on the implant–prosthesis system through the magnitude, duration, frequency, and direction of applied forces. Other clinical cases involve mechanical failures such as decementation, screw loosening, screw fracture, prosthetic framework fracture, and implant fracture.

Keywords: prosthetic dentistry, dental implants, titanium, abutment, fatigue fracture.

Стаття: надійшла до редакції 07.11.2025 р.;
прийнята до друку 20.01.2026 р.;
опублікована 09.03.2026 р.

Гурин Петро Олексійович

кандидат медичних наук,
доцент кафедри ортопедичної стоматології,
цифрових технологій та імплантології
Національного університету охорони
здоров'я України імені П. Л. Шупика,
м. Київ, Україна

 <https://orcid.org/0000-0003-0495-754X>

Біда Віталій Іванович

доктор медичних наук, професор, завідувач
кафедри ортопедичної стоматології,
цифрових технологій та імплантології
Національного університету охорони
здоров'я України імені П. Л. Шупика,
м. Київ, Україна

 <https://orcid.org/0000-0002-4499-855X>

Васильєв Михайло Олексійович

доктор фізико-математичних наук,
професор, головний науковий співробітник
Інституту металофізики
імені Г. В. Курдюмова НАН України,
м. Київ, Україна

 <https://orcid.org/0000-0003-3710-1537>