

В.Ф. Макеев, В.Р. Скальський¹, І.Р. Поташник, Р.М. Плахтії¹

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА МІЦНОСТІ ШТИФТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького

¹Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України

Актуальність роботи. Руйнування коронки зуба, що відбувається внаслідок низки причин (каріозні ураження, травми, патологічне стирання тканин, неадекватне лікування тощо) призводить до значного ослаблення стінок зуба і, як наслідок, його руйнування. Очевидно, що втрата навіть одного зуба, який є структурним елементом цілої системи, в силу взаємозв'язку форми і функції, зумовлює розвиток і призводить до погіршення патологічного стану в органах і тканинах зубощелепної системи. За таких умов надзвичайно актуальною стає проблема відновлення морфологічної цілості та функції зруйнованих зубів, і реставрація зубів зі значним руйнуванням коронкової частини зуба належить до актуальних проблем стоматології [1-4].

Один із напрямів розв'язання цієї проблеми – збереження коренів зубів, придатних до протезування, завдяки чому запобігають дефектам і деформації зубних рядів, атрофії альвеолярних відростків. Клінічні спостереження засвідчують, що в низці випадків без внутрішньоканального штифта неможливо провести надійну реставрацію чи створити сприятливі умови для раціонального протезування коронкової частини зуба [5].

Сучасний період розвитку стоматології характеризується створенням нових технологій і матеріалів, які дозволяють відновлювати зуби з урахуванням як функціональних, так і естетичних параметрів [4]. При цьому

незмінним залишається той факт, що депульповані зуби потребують особливого підходу до їх відновлення, що зумовлено низкою особливостей, характерних для девіталізованих зубів. Насамперед до цих особливостей слід віднести значну втрату твердих тканин унаслідок патологічних процесів, а також препарування коронкової частини і розширення кореневого каналу. Крім того, в депульпованих зубах за ендодонтичного лікування відбуваються біохімічні й біомеханічні незворотні зміни в дентині, які призводять до підвищення крихкості зубів. На стабільність дентину впливають також інші чинники, якими є зниження його вологості та зміна складу колагенових волокон органічної матриці, що призводить до зменшення міцності зуба [6-9]. Поява сучасних скловолоконних, склопластикових, вуглецевих, керамічних і на основі оксиду цирконію матеріалів для відновлення коронкової частини зубів, а також нових силерів для їх фіксації сприяють усе більшому поширенню прямого методу реставрування [10-12].

Отже, показаннями до використання штифтів є відновлення коронки зуба за її руйнування від 55 до 80 %. Для раціонального підбору штифтової конструкції, як відомо, необхідно враховувати особливості передачі жувального тиску, які визначають вид, розмір, форму і метод використання цих конструкцій [9].

Метою дослідження є порівняння міцності скловолоконних, карбонових та анкерних метале-

вих штифтів залежно від кількості збережених твердих тканин коронкової частини зуба.

Матеріали для випробувань. Лабораторні дослідження проводили на кількох видалених за медичними показаннями молярах. Після видалення зуби зберігали у фізіологічному розчині для запобігання зневодненню дентину і цементу. Підготовка кореневої частини полягала в такому: якісно обмуровували кореневі канали; вибирали стінки кореня достатньої товщини (не менше 2 мм); кореневий канал розпломбовували під штифт на глибину 2/3 довжини каналу так, щоби залишилося 3-4 мм запломбованого каналу в апікальній третині. Після завершення пломбування корневих каналів усі зуби були поділені на 3 групи залежно від кількості збережених твердих тканин коронкової частини зуба: дефект коронки зуба обмежений трьома, двома та однією тонкими стінками зуба.

У кожній групі для штифтової конструкції використовували скловолоконний, карбоновий та анкерний штифти, які встановлювали в заздалегідь підготовлені медіальний і дистальний корені зуба. За пружними механічними характеристиками карбон і скловолокно приблизно однакові на противагу металу (рис. 1), тому посилену зацікавленість викликає їхня здатність чинити опір руйнуванню безпосередньо в штифтових конструкціях.

Для фіксації штифтів обрали цемент «Totalcem» («Itena») – самопротравлювальний, самоад-

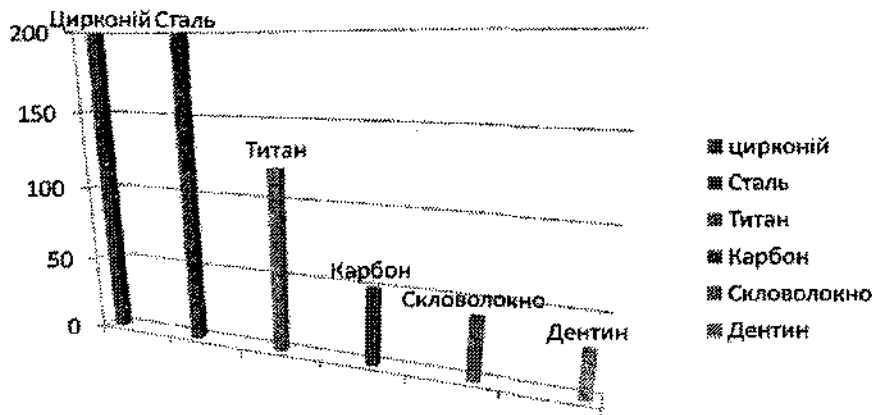


Рис. 1. Модулі пружності найпоширеніших штифтових матеріалів

гезивний композиційний цемент для постійної фіксації з подвійним твердінням. Скловолоконний і карбоновий штифти фіксували в кореновому каналі відповідно до рекомендацій виробника цементу. Анкерний штифт цементували, вводячи цемент у кореневі канали до досягнення підклинювального ефекту. Коронкову частину зуба реставрували композиційним матеріалом («CHARISMA»).

Методика досліджень. Штифтові конструкції всіх трьох груп зубів випробовували механічним навантаженням з однаковою швидкістю переміщення індентора навантажувальної установки. Плавність його подачі та можливість вимірювання зусилля навантаження забезпечували навантажувальна лабораторна установка СВР-5, розроблена у Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України, м. Львів. Її максимальне зусилля навантаження становить 25 кН [13].

Оскільки зародження під дією прикладеного навантаження руйнування у твердих тілах найчастіше відбувається всередині матеріалу утворенням надмізних тріщин (мікроруйнування), то виявити такі процеси з поверхні об'єкта досліджень традиційними методами контролю неможливо. Ефективним у такому разі є використання методу акустичної емісії (АЕ) [13]. Він побудований

на явищі випромінювання пружних хвиль (власне акустичної емісії) під час динамічної, локальної перебудови структури матеріалу, тобто за мікро- чи макротріщиноутворення. Тому під час навантаження штифтових конструкцій синхронно реєстрували сигнали АЕ, за якими визначали момент початку руйнування за відповідним навантаженням P_{AE} . Відомо [13], що амплітуди сигналів АЕ у випадку утворення тріщин прямо пропорційні площі новоутвореного дефекту, а швидкість наростання переднього фронту імпуль-

су АЕ свідчить про механізми крихкого чи в'язкого руйнування.

Сигнали АЕ, що супроводжували тріщино утворення, реєстрували розробленою у ФМІ НАН України портативною восьмиканальною вимірювальною АЕ-системою SKOP-8M, вимірювальні канали якої були налаштовані на максимальну чутливість. Первинний перетворювач пружних хвиль АЕ у електричні сигнали встановлювали безпосередньо на об'єкті дослідження (рис. 2).

Отже, під час випробувань штифтових конструкцій усіх трьох типів оцінювали такі значення навантаження: початку зародження руйнування за сигналами АЕ – P_{AE} ; початку макроруйнування – P_{M} ; під час якого виникають потужні пружні хвилі низькочастотного випромінювання (аудіодіапазон, який сприймається слуховими органами людини) – тріск; а також максимальне навантаження P_{max} , за якого штифтова конструкція розпадається на частини. Сигнали АЕ, час експерименту і зусилля навантаження фіксували ви-

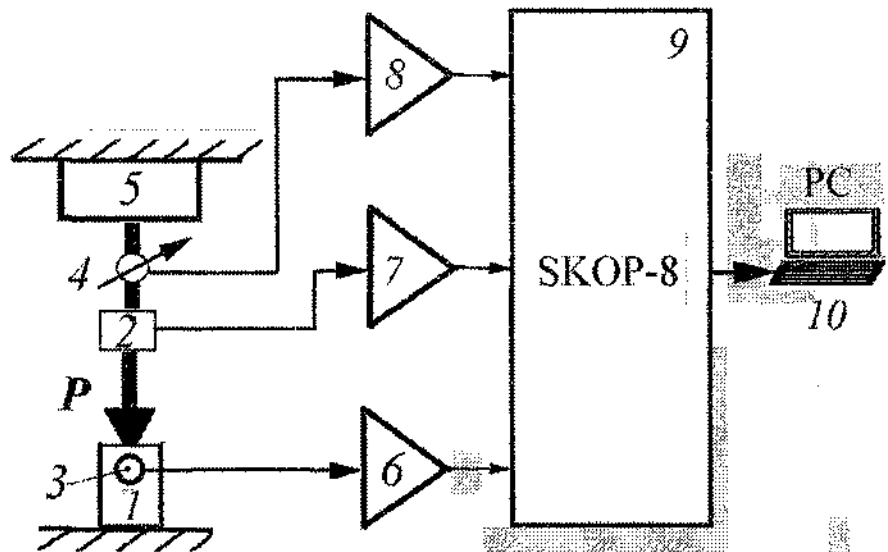


Рис. 2. Структурна схема експерименту: 1 – штифтова конструкція; 2 – первинний перетворювач переміщення індентора; 3 – первинний перетворювач АЕ; 4 – тензOMETричний динамометр; 5 – навантажувальний пристрій установки СВР-5; 6 – попередній підсилювач АЕ; 7, 8 – підсилювачі постійного струму; 9 – вимірювальна АЕ-система SKOP-8; 10 – персональний комп'ютер

мірювальною системою SKOP-8M у режимі on-line, а їх оброблення та побудову відповідних залежностей здійснювали в режимі постобробки. На рис. 3 показано залежність зусилля навантаження P від величини переміщення індентора f .

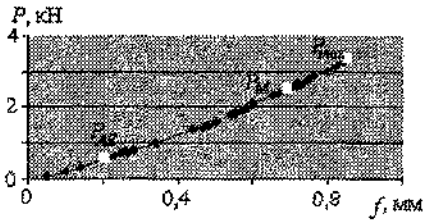


Рис. 3. Типова діаграма в координатах "навантаження P - переміщення індентора f " для всіх трьох типів штифтових конструкцій

Результати дослідження та їх обговорення. Як видно з рис. 3, характер зміни навантаження для всіх типів штифтових конструкцій однаковий, а значення зазначених величин навантаження змінювалося залежно від їх типів. На рис. 4 показано характерні сигнали АЕ в околі виділених на рис. 3 точках діаграми навантаження. Сигнали АЕ показують, що спочатку їхні амплітуди незначні, а зі збільшенням зусиль навантаження, що спричиняють розвиток руйнування, вони зростають і набувають характеру дискретних високоамплітудних імпульсів, що свідчить про наростаюче крихе руйнування штифтової конструкції. Воно в околі навантаження P_M супроводжується тріском, і далі за значень P_{max} візуально спостерігали розпад конструкції на частини. Значення зусиль у названих характерних точках було різним для досліджуваних нами штифтових конструкцій, і вони наведені в таблиці. Як бачимо, в кожній обраній групі за зростанням показників значень P_{AE} зразки розмістились у такій послідовності:

конструкції на основі металевих анкерних штифтів, далі йдуть конструкції на основі скловолокна і найкращі показники отримані в конструкцій із карбовими штифтами.

Найміцнішими виявилися за показниками P_{max} зразки конструкцій на основі карбових штифтів із трьома збереженими стінками.

Висновки. На підставі проведених експериментальних досліджень і враховуючи відомі дані з літературних джерел, можна стверджувати:

найближчими до дентину за пружними характеристиками є матеріали штифтів із карбону і скловолокна. Конструкції на їх основі не піддаються корозії, біологічно сумісні з тканинами зуба, і за необ-

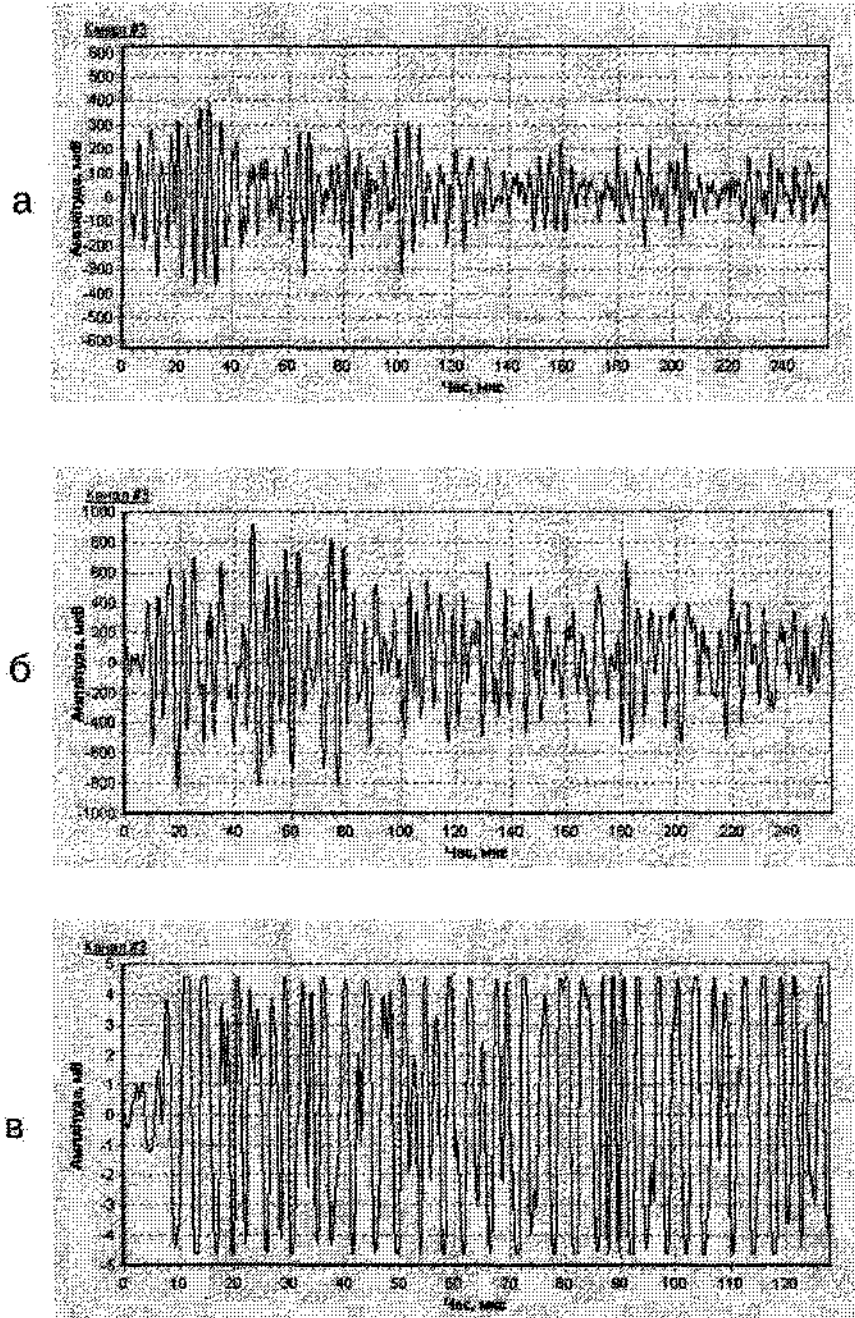


Рис. 4. Характерні сигнали АЕ в околі виділених на діаграмі (рис. 3) точок навантаження: а - за наближення до точки P_{AE} ; б - P_M ; в - P_{max}

Значення навантажень у характерних точках RAE, PM та Pmax діаграми навантаження для різних штифтових конструкцій

К-сть стінок	Матеріал	RAE, кН	PM, кН	Pmax, кН
3	скловолокно	0,56	2,5	3,5
	карбон	0,76	6,0	7,0
	метал	0,5	3,4	6,7
2	скловолокно	0,43	2,2	3,3
	карбон	0,5	3,7	5,6
	метал	0,37	2,88	5,45
1	скловолокно	0,33	1,8	3,2
	карбон	0,5	4,0	4,67
	метал	0,3	2,2	4,6

хідності є можливість повторного ендодонтичного лікування;

перевагами скловолоконних штифтів є високі естетичні характеристики, що незамінні під час виготовлення реставрацій, але ці конструкції мають нижчу міцність порівняно з конструкціями на основі карбонових штифтів;

найміцнішими з точки зору максимального навантаження виявилися конструкції, виготовлені із застосуванням карбонових штифтів. Незважаючи на те, що вони мають

чорний колір, проте з використанням відповідної реставраційної техніки можна отримати позитивні клінічні результати;

недоліком металевих анкерних штифтів є наявність розклинювального ефекту, ускладненням якого є злам кореня як на етапі фіксації, так і на етапі функціонування конструкції. До того ж, як показали результати експериментів, руйнування в цих зразках зароджується раніше, про що свідчить значення P_{AE} ;

скловолоконні штифти найкраще застосовувати у випадку реставрації фронтальної групи зубів, які зазнають найнижчого жувального навантаження і де потрібні високі естетичні результати.

Для відновлення втрачених тканин у жувальній групі зубів якісні результати можемо отримати за використання карбонових штифтів, які витримують вищі жувальні навантаження, ніж скловолоконні.

Література

1. Барер Г.М. Стекловолоконные штифты / Половец М.Л., Дмитрович Д.А // [Електронний ресурс] http://www.dentalcombo.ru/rus/publications/fiber_glass_pin/index.htm
2. Douglas A.Terry. Post-and-Cores: Past to Present / Douglas A.Terry, Edward J. Swift // Dentistry today. – 2010. – 1. [Електронний ресурс] <http://www.dentistrytoday.com/dental-materials/974>
3. Michael Naumanna. Reinforcement effect of adhesively luted fiber reinforced composite versus titanium post / Michael Naumanna, Anja Preussa, Roland Frankenberg // Elsevier. Dental materials. – 2006. – 1. – P.7–10. [Електронний ресурс] www.intl.elsevierhealth.com/journals/dema
4. Richard S. Schwartz, James w. Robbins. Post Placement and Restoration of Endodontically Treated Teeth. A Literature Review // Journal of Endodontics. – 2004. – 30(5). – P.289–301.
5. Monika Jungbauer. Validierung der Kausimulation anhand von Frontzahnstiftversorgungen: Inaugural – Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin: 13.05.2009 / Monika Maria Jungbauer. – R., 2009. – 116 p.
6. Richard S. Schwartz, James w. Robbins. Post Placement and Restoration of Endodontically Treated Teeth. A Literature Review // Journal of Endodontics. – 2004. – 30(5). – P.35–39.
7. Камілло Д'Арканджелло. Реставрация с помощью стекловолоконных штифтов и адгезия к дентину канала зуба / Камілло Д'Арканджелло // Стоматологический вестник. Терапевтическая стоматология. – 3(120). [Електронний ресурс] http://www.stomyest.ru/links/terapevt_120.shtml
8. Рутковская А.С. Применение штифтов в терапевтической стоматологии / А.С. Рутковская // Современная стоматология. – 2006. – 4. – С.14–17.

9. Вадакгорія Н.Р. Корневіе еластичніе штифти / Вадакгорія Н.Р., Мақджавидзе Н.А., Тумберидзе Н.Ш. // Georgian medical news. – 2009. – 2(167). – С.39–45.
10. Alan H. Gluskin, J. Ahmad, Dale B. Herero. The Aesthetic Post and core: unifying radicular form and structure // Pract Proced Aesthet Dent. – 2002. – 14(4). – P.313–321.
11. Gordon J. Christensen. Achieving optimum retention for restorations / J. Gordon // JADA. – 2004. – 8(135). – P.1143–1145.
12. Gordon J. Christensen. Post concepts are changing / J. Gordon // JADA. – 2004. – 9(135). – P.1308–1310.
13. Назарчук З.Т. Акустико-емісійне діагностування елементів конструкцій: науково-технічний посібник. У 3 т. / Назарчук З.Т., Скальський В.Р. – К.: Наук. думка, 2009. – 877 с.

Стаття надійшла
30.11.2011 р.

Резюме

У праці наведено результати експериментальної оцінки механічної міцності різних видів штифтових конструкцій на основі скловолоконного, карбонового та анкерного штифтів. У дослідженнях *in vitro* використовували механічне навантаження та метод акустичної емісії. Опрацьовані результати експериментів слугують критерієм для визначення переваг і недоліків кожної з розглянутих конструкцій.

Ключові слова: штифт, штифтова конструкція, руйнування зуба, навантаження, акустична емісія.

Резюме

В работе приведены результаты экспериментальной оценки механической прочности различных видов штифтовых конструкций на основе стекловолоконного, карбонового и анкерного штифтов. В исследованиях *in vitro* использовали механическую нагрузку и метод акустической эмиссии. Обработанные результаты экспериментов служат критерием по определению преимуществ и недостатков каждой из рассматриваемых конструкций.

Ключевые слова: штифт, штифтовая конструкция, разрушение зуба, нагрузка, акустическая эмиссия.

Summary

The paper presents the results of experimental evaluation of mechanical strength of various types of pin tumbler constructions based on fiberglass, carbon and anchor pins. In studies *in vitro* mechanical load and the method of acoustic emission were used. Experimental results serve as the criteria for identifying the advantages and disadvantages of each of the considered constructions.

Key words: pin, pin tumbler construction, tooth destruction, load, acoustic emission.