

Національний медичний університет імені О.О.Богомольця

*Резюме.* У статті представлені результати експериментального вивчення механічних характеристик реставрованих ендодонтично лікованих нижніх різців

*Ключові слова:* внутрішньоканальні штифти, відновлення ендодонтично лікованих зубів, різці нижньої щелепи.

### Вступ

На сьогоднішній день існують загальні принципи та рекомендації з відновлення зубів за допомогою інтраканальних штифтових конструкцій. Здебільшого вони отримані у результаті експериментів на молярах і пре молярах. Реставраційна стратегія при відновленні різців нижньої щелепи є комплексною задачею, що потребує більш детального розгляду [1]. Втрата великої кількості твердих тканин зубів, вплив лікувальних маніпуляцій, порушення трофіки та мінерального обміну в умовах наявності найменшого об'єму біологічних тканин серед інших зубів, створює комплексну задачу при намаганні забезпечити високий клінічний успіх реставраційної конструкції [2;3;4].

Основними факторами, що впливають на механічні властивості та клінічний успіх застосування комплексу «тканини зуба – реставраційна конструкція» є тип штифта, групова приналежність зуба та ступінь збереження його коронкової частини [5].

Загальноприйнятою думкою є, що штифт та штучна кука з більш жорсткого матеріалу повинні краще зміцнювати відновлюваний зуб і забезпечувати рівномірний розподіл напружень у всій конструкції [6]. Пізніше було показано, що при жувальних навантаженнях штифти з високою жорсткістю спричиняють вертикальні та навскісні переломи кореня зуба, що локалізуються нижче цемента-емалевого прикріплення [7]. Сприятлива механічна сумісність скловолоконних штифтів дозволяє запобігти таким катастрофічним ускладненням, як розламування кореня, навіть у випадку коли зуб значною мірою зруйнований [2]. На противагу цьому, за результатами деяких досліджень, при використанні скловолоконних штифтів з відновленням куки композитним матеріалом, геометрія перелому кореня не відрізняється або може бути навіть більш тяжкою [4].

Значення збереження 2 мм висоти коронкової частини зуба, для створення так званого «ферул ефекту», коли штучна коронка відіграє роль зміцнюючого ободу що одночасно охоплює залишки дентину коронкової частини зуба та штучну куку, було визначено у низці досліджень [5,9]. «Ферул ефект» підвищує здатність комплексу «реставраційна конструкція-залишкові тканини зуба» протистояти високим механічним навантаженням, попереджуючи утворення тріщин та переломів кореня зуба [9,11].

Серед наведених досліджень лише в декількох були використані різці нижньої щелепи [8]. Обмежений об'єм тканин нижніх різців порівняно з іншими зубами становить додаткові складнощі при відновленні зуба та спробі забезпечити довготривалий терапевтичний ефект.

### Матеріали та методи дослідження

Для дослідження були використані 48 інтактних зубів, видалених за пародонтологічними показаннями у хірургічному відділенні стоматологічного центру НМУ імені О.О.Богомольця. Видалені зуби зберігали у розчині штучної слини за методикою К. Ogushi, Т. Fusayama [10] в автоклаві при температурі 37 °С. Проміжок часу від видалення зубів до моменту проведення дослідження не перевищував 2 тижнів. Дослідження були проведені на наступних групах зубів:

1-а група (контрольна, Int) - Інтактні зуби (без ендодонтичного лікування).

2-а група (Endo). Ендодонтично ліковані зуби.

3-я група (Стп Fib F+). Ендодонтично ліковані зуби, кореневий канал запломбований скловолоконним штифтом, в зубах збережені 2 мм висоти коронкової частини зуба, металева коронка.

4-а група (Стп Fib F-). Ендодонтично ліковані зуби, кореневий канал запломбований скловолоконним штифтом, в зубах відсутні 2 мм висоти коронкової частини зуба, металева коронка.

5-а група (Стп Cst F+). Ендодонтично ліковані

зуби, в кореневому каналі металевий штифт зі штучною куксою, в зубах збережені 2 мм висоти коронкової частини зуба, металева коронка.

6-а група (Crn Cst F-). Ендодонтично ліковані зуби, в кореневому каналі металевий штифт зі штучною куксою, в зубах відсутні 2 мм висоти коронкової частини зуба, металева коронка.

7-а група (Res Fib F+). Ендодонтично ліковані зуби, кореневий канал запломбований скловолоконним штифтом, в зубах збережені 2 мм висоти коронкової частини зуба, коронка реставрована композитом.

8-а група (Res Fib F-). Ендодонтично ліковані зуби, кореневий канал запломбований скловолоконним штифтом, в зубах відсутні 2 мм висоти коронкової частини зуба, коронка реставрована композитом.

В кожній групі було по 6 піддослідних зубів.

Ендодонтичну обробку та препарування зубів проводили за стандартизованою методикою. Коронку зуба препарували відповідно до параметрів, заданих у кожній групі дослідження.

Реставрацію проводили скловолоконними штифтами Glassix glass fibre composite posts (NORDIN), які фіксували композитним цементом LuxaCore ZDual (DMG). В коронковій частині зуб створювали куксу з композиту чи використовували литі металеві штифти з куксою. На створену куксу фіксували металеву литу коронку, яку фіксували склоіономерним цементом Fuji Plus (GC).

Готовий зразок розміщали у блоці з самотвердіючої пластмаси Редонт - 03 так, щоб навантаження передавалось під кутом 135° по відношенню до осі зуба. Для запису діаграм деформації зубів застосовували універсальну випробувальну машину TIRA-test2151.

#### Результати

Всі досліджувані зразки при дослідженні зазнавали деформації, яку відображали на діаграмах. У процесі навантаження зразків були записані їх діаграми деформування, які відображали залежність між напруженням і деформацією матеріалу у координатах "навантаження Р (Н) - загальна деформація системи (мм)". Для зручності аналізу результатів були розраховані жорсткості (питомі навантаження) С (Н/мм) як відношення навантажень до загальних деформацій системи. Отримані результати представлені у таблицях 1 та 2.

Проведений аналіз показав, що для інтактних зубів контрольної групи (Int) характерна найбільш виражена лінійність діаграм деформації. Лінії діаграми зібрані в пучок з найменшою розбіжністю величин руйнуючої сили.

В ендодонтично лікованих зубах 2-ї (Endo) групи без внутрішньоканального штифта, пучок діаграм демонструє меншу піддатливість до деформації при менших руйнуючих силах, ніж у контрольній групі. У цій групі зразки зубів демонстрували меншу міцність, і вищу жорсткість ніж у контрольній групі. Відмічене суттєве зростання нелінійності у діаграмах деформації. Це свідчить про меншу стабільність даної конструкції, порівняно з інтактними зубами. Підвищена жорсткість зразків ендодонтично лікованих зубів без штифтів може бути наслідком впливу матеріалу, яким був запломбований кореневий канал зуба.

У групі різців зі скловолоконним штифтом та збереженими 2 мм висоти коронкової частини зуба (3-я група, Crn Fib F+), спостерігалось незначне збільшення деформацій при однаковому рівні руйнуючих сил з різцями з литими металевими штифтами.

У групі зубів з повністю зруйнованою коронковою частиною та відсутністю 2 мм висоти коронкової частини зуба (4-а група, Crn Fib F-), діаграми деформування мали різноманітний характер з широкими рамками показників руйнуючої сили та деформації. Графіки, після втрати пропорційної залежності між діючою силою та деформацією, ще тривалий час продовжувались. Це свідчило про значну деформацію зразків зубів до моменту руйнування, що завжди збігався з точкою межі міцності зубів.

У групі різців з литим металевим штифтом та збереженими 2 мм висоти коронкової частини зуба (5-а група, Crn Cst F+) спостерігалось зменшення величини руйнуючої сили. Для зубів цієї групи характерна найбільша лінійність діаграм та найнижчі показники деформації при їх найменшій розбіжності діаграм.

У групі зубів з литими металевими штифтами і повністю зруйнованою коронковою частиною (6-а група (Crn Cst F-) спостерігалась менша деформація зразків зубів та вищі показники руйнуючої сили, порівняно з різцями зі скловолоконними штифтами 4-ї групи.

У 7-ій групі (Res Fib F+) зубів зі скловолоконним штифтами та композитною реставрацією замість штучної коронки, спостерігається аналогічний стабілізуючий вплив збережених 2 мм висоти коронкової частини зуба.

У 8-ій групі (Res Fib F-) зубів з повністю зруйнованою коронковою частиною, досліджувані зразки зубів зазнавали найбільшої деформації, порівняно із зубами інших груп, при найнижчих величинах руйнуючої сили.

Таким чином, у всіх групах зубів зі збереженими 2 мм висоти коронкової частини зуба для графіків деформації була характерна невелика розбіжність показників деформування та руйнуючої сили. Пучок діаграм починався в точці перехрещення осей координат і поступово роз'єднувався перед моментом руйнування чи раптового спаду діючої сили (дельти).

**Обговорення**

Всі представники контрольної групи мають слабо виражену нелінійність діаграми деформування, що свідчить про їх високі пружні властивості. Діаграми вкладаються у "пучок" в границях між лініями, що відповідають  $C=478$  Н/мм до  $C=67$  Н/мм. Зразки мають порівняно невисоку варіабельність  $R_{max}$  від 475 до 509 Н. Криві деформування монотонні, без екстремумів та різких змін сили. Найбільші сил руйнування виникали у даній групі.

У групі енодонтично лікованих зубів без штифтів, зразки демонстрували меншу міцність, і вищу жорсткість ніж у контрольній групі. Помічене суттєве зростання нелінійності у діаграмах деформації, що свідчить про меншу стабільність даної конструкції, порівняно з інтактними зубами.

У групі з литим металевим штифтом зі штучною куксою та ферул ефектом, суттєвої різниці у характері діаграми порівняно з інтактними зуба-

ми не відмічено. Спостерігається пониження середніх значень міцності та незначне підвищення жорсткості (приблизно на 10 %), порівняно з контрольною групою. Показники руйнуючих сил та міцності у даній групі є найближчими до такої у контрольній групі.

Діаграми зразків групи з литим металевим штифтом зі штучною куксою та без ферул ефекту мають якісно інший характер. Відмічена відносно невелика пружність. Після виникнення незначного раптового спаду сил на діаграмі, відмічається значні зміни у жорсткості, що свідчить про появу структурних порушень у конструкції. Порівняно з  $C_{m} Fib F+$ , міцність зменшилась на 20%, та у порівнянні з контрольною групою на 90%. Деформації, що виникали у цій групі є значно більшими у порівнянні з контрольною групою.

Діаграмам деформації зразків групи  $C_{m} Fib F+$  притаманна висока стабільність, виражена лінійна ділянка, з незначною ділянкою не лінійності до моменту руйнування. Середня міцність конструкції всього на 8% нижча ніж у групі з литим металевим штифтом та ферул ефектом. Необхідно підкреслити, що не зважаючи на високу руйнуючі сили, конструкція зі скловолоконним штифтом та ферул ефектом демонструє жорсткість на рівні з контрольною групою, тоді як у групі з литими штифтами та ") ферул ефектом, ферул зростає на 60 %.

**Таблиця 1.** Величини руйнуючих навантажень  $R_{max}$  (Н) препаратів

№ зразка	Позначення групи							
	Int	Endo	CmCstF+	CmCstF-	CmFibF+	CmFibF-	Res Fib F+	Res Fib F-
1	509	404	307	215	291	329	229	40
2	475	421	319	296	272	236	174	82
3	493	412	372	267	381	209	99	106
4	495	414	322	225	280	230	183	69
5	521	391	317	288	297	267	105	74
6	480	417	338	258	311	234	193	95
Середнє значення	496	410	329	258	305	251	164	78

**Таблиця 2.** Величини жорсткості  $C$  (Н/мм) препаратів

№ зразка	Позначення групи							
	Int	Endo	CmCstF+	CmCstF-	CmFibF+	CmFibF-	Res Fib F+	Res Fib F-
1	483	938	993	178	519	667	614	75
2	478	845	890	938	712	482	545	484
3	676	795	923	661	574	310	571	407
4	513	838	912	340	630	459	549	257
5	497	893	987	891	569	413	596	189
6	558	787	936	463	554	401	579	380
Середнє значення	534	849	940	579	593	455	576	298

На діаграмах деформації у групі Ctm Fib F- виявлена висока варіабельність результатів, що свідчить про нестабільність конструкції. Відмічається присутність раптового незначного зменшення сили на графіку. Міцність та жорсткість у даній групі зразків найнижча серед усіх груп, відновлених з використання штучної коронки.

У групах Res Fib F+ та Res Fib F- спостерігається висока варіабельність результатів з найнижчими параметрами міцності та жорсткості з-поміж усіх груп. Найвища нестабільність спостерігається у зразках з скловолоконним штифтом, композитною реставрацією та відсутнім ферул ефектом.

В групі зубів з 2 мм ферул (Ctm Fib F+ та Ctm Cst F+) значної різниці у характері діаграм в порівнянні з контрольною групою не було виявлено, незалежно від типу штифта. Незважаючи на приблизно однакові величини руйнуючих сил у вищенаведених групах, аналізуючи параметри жорсткості, у групі Ctm Cst F+ відмічена найвищі показники серед усіх досліджуваних груп, (на 76% вище ніж у контрольній групі та на 59% вище ніж у групі Ctm Fib F+). Враховуючи особливості механічних властивостей біологічних тканин, та зубного дентину зокрема, підвищена жорсткість реставраційного матеріалу може негативно впливати на витривалість та цілісність зуба. У випадку присутнього ферул-ефекту, пружні властивості скловолоконних штифтів забезпечують найвищу стабільність конструкції.

В групі різців без ферул (Ctm Fib F- та Ctm Cst F-), деформації були вищі ніж у контрольній

групі, особливо у групі з скловолоконними штифтами. При майже однакових величинах руйнівних сил, спостерігається пониження жорсткості у групі зі скловолоконними штифтами. У випадку, коли стабілізуючий ферул-ефект відсутній, висока еластичність скловолоконного штифта (як у моделі Ctm Fib F-) спричиняє нерівномірний розподіл напружень у зразках, значно знижуючи здатність протистояти руйнуванню та жорсткість відновлених зубів. У цьому випадку висока жорсткість литого металевго штифта зі штучною куксою призводить до більш рівномірного розподілу напружень, підтримуючи жорсткість усієї конструкції на рівні зразків зубів у контрольній групі з незначним пониженням величин руйнуючої сили.

Аналізуючи графіки деформування, можна також помітити позитивний вплив на стабільність відновлених зразків у разі використання штучної коронки та ферул ефекту.

#### Висновки

1. При відновленні зуба з використанням штучної коронки ферул ефект підвищує показники руйнуючих сил різців нижньої щелепи незалежно від типу штифтової системи.

2. Враховуючи величини руйнуючої сили та параметри жорсткості, різці нижньої щелепи відновлені з використанням скловолоконних штифтів у разі наявності 2 мм ферул та литих металевих штифтів у разі повністю зруйнованої коронкової частини, продемонстрували параметри найбільш близькі до аналогічних у інтактних різцях (контрольна група). Це може свідчити на користь довготривалого клінічного успіху даних конструкцій.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗУБОВ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ РАЗНЫМИ РЕСТАВРАЦИОННЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

*Борисенко А.В., Неспрядько В.П., Шидловский М.С., Савичук А.А.*

*Резюме. В статье представлены результаты экспериментального исследования механических характеристик реставрированных эндодонтически леченных нижних резцов*

*Ключевые слова: внутриканальные штифты, восстановление эндодонтически леченных зубов, резцы нижней челюсти.*

### THE EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF TEETH RESTORED BY DIFFERENT RESTORATION DESIGNS

*Borysenko A.V., Nespryadko V.P., Shydlovskij M.S., Savychuk A.A.*

*Summary. Results of the experimental investigations of mechanical characteristics of mandibular incisors restored after endodontic treatment are presented in article*

*Key words: intra canal posts, restoration after endodontic treatment, mandibular incisors*

Список літератури в редакції