

СТОМАТОЛОГІЯ

<https://doi.org/10.35339/ekm.2020.89.04.11>

УДК 616.314-08

*С.Б. Костенко, Г.Н. Накашідзе, О.Я. Білинський,
Р.І. Ратушний, І.В. Пензелик*

*ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
м. Ужгород, Україна*

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ БІОМЕХАНІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ МІНІМАЛЬНО-ІНВАЗИВНИХ ПІДХОДІВ ДО ПРЕПАРУВАННЯ ЗУБІВ ПІД РІЗНІ ТИПИ ОРТОПЕДИЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ

У науковому дослідженні проведено оцінку значення мінімально-інвазивних протоколів ортопедичного стоматологічного лікування, яке полягає у підвищенні рівня прогностичної оцінки функціонування зубів, як опорних одиниць ортопедичних конструкцій, так власне самих ортопедичних конструкцій із врахуванням специфіки їх дизайну та лабораторного виготовлення з використанням сучасних комп'ютеризованих методів моделювання та фрезерування. Проаналізували та обґрунтували застосування мінімально-інвазивних підходів до препарування зубів під різні типи ортопедичних конструкцій. Для проведення наукового дослідження в якості порівняльних моделей використовували дизайни препарування одиночних зубів під металокерамічні коронки, цільнокерамічні коронки, цільноцирконієві коронки та дизайн препарування під вінір (одноповерхнєве облицювання) або часткову ортопедичну реставрацію (вкладку, напівкоронку). Препарування проводили на гіпсових моделях-типодонтах, з яких попередньо отримували цифрові відбитки за допомогою лабораторного сканера. Після виконання препарування проводили повторне сканування моделей та взаємосуміщення отриманих цифрових зображень у форматі *.stl до та після проведення процедури направленої контрольованої редукації імітованих твердих тканин зуба. Отримані результати свідчать про те, що найбільший фактичний обсяг надмірної редукації твердих тканин зубів відмічається у випадках препарування таких під різні види повноконтурних коронок, особливо у випадках ікл, премолярів та молярів. Підтверджено доцільність використання мінімально-інвазивних підходів до препарування зубів під різні типи ортопедичних конструкцій. Виокремлено два окремі напрямки мінімізації обсягу втручань при використанні різних типів ортопедичних конструкцій, які передбачають: 1) заміщення певних видів конструкцій іншими мініінвазивними за своїм дизайном; 2) мінімізація обсягу направленої редукації в умовах використання усіх типів ортопедичних конструкцій шляхом імплементації відповідних заходів контролю в ході препарування.

Ключові слова: ортопедичні конструкції, мінімально-інвазивне препарування, біомеханічна доцільність.

Вступ

Значення мінімально-інвазивних протоколів ортопедичного стоматологічного лікування полягає у підвищенні рівня прогностичної оцінки функціонування зубів, як опорних одиниць ортопедичних конструкцій, так власне самих

ортопедичних конструкцій із врахуванням специфіки їх дизайну та лабораторного виготовлення з використанням сучасних комп'ютеризованих методів моделювання та фрезерування [1–4]. Математична розробка підходу оцінки прогностичної ефективності реалізації

мінімально-інвазивних ортопедичних втручань передбачає врахування впливу низки визначальних чинників, об'єктивізація ролі котрих в клінічних умовах можлива лише за умов проведення попередніх лабораторних та математико-статистичних досліджень [5–7].

У розрізі аналізу складових прогностичної оцінки мінімально-інвазивних протоколів ортопедичного лікування слід виокремити елементи біомеханічної та біологічної доцільності з урахуванням їх асоціації як із структурним функціональним комплексом «опорна одиниця-супраструктура», так і окремо із його окремими похідними – власне вітальною або девітальною одиницею зубного ряду та лабораторно-виготовленим конструктивним елементом (коронкою або протезом) [8–10]. Крім того, важливо забезпечити оцінку успішності використовуваних мінімально-інвазивних ортопедичних втручань з точки зору вихідних можливостей протетичної реабілітації, які є індивідуальними та характеризуються відповідним рівнем специфічності у кожній окремій клінічній ситуації. Проведення відповідного комплексу лабораторних та експериментальних досліджень сприятиме зростанню обсягу та квантифікації якісних характеристик опор незнімних ортопедичних конструкцій, що в свою чергу після відповідного опрацювання, інтерпретації та категоризації отриманих результатів дозволить виокремити специфічні патерни підходу до вибору алгоритмів ортопедичної реабілітації стоматологічних пацієнтів, виходячи з яких лікар-стоматолог матиме можливість оцінити доцільність та прогностичну значимість можливих потенційних варіантів лікування [1, 3, 10, 11].

Важливим аспектом також залишається економічне обґрунтування доцільності впровадження мінімально-інвазивних підходів до ортопедичної реабілітації стоматологічних пацієнтів, яке в свою чергу пов'язане із прогресивним переходом стоматологічної галузі у так зване економічне вікно технологічної та матеріальної доступності. Даний феномен передбачає умови для зростання показників попиту та пропозиції на менш часозатратні маніпуляції, що характеризуються високим рівнем ефективності та довготривалої прогнозованості за рахунок залучення у процес лікування автоматизованих чи напівавтоматизованих підходів лабораторного виробництва [8, 12, 13]. Універсальність сучасних матеріалів для виготовлення безметалевих ортопедичних конструкцій та використання досягнень техно-

логії адгезивної фіксації нівелює необхідність у механічно-аргументованій надмірній направленій редукції твердих тканин зубів, що в свою чергу також пов'язана із вищим ризиком розвитку ендодонтичних ускладнень під час 5–7-річного терміну функціонування протетичних конструкцій, проте досі не наведено жодних статистичних даних, які б свідчили про наявність відповідних взаємозалежностей між складовими біомеханічної, біологічної та економічної доцільності впровадження відповідних протоколів, зокрема і мініінвазивних, у структурі підвищення рівня якості надання стоматологічної допомоги населенню [5, 8–10, 14, 15].

Мета дослідження – проаналізувати та обґрунтувати застосування мінімально-інвазивних підходів до препарування зубів під різні типи ортопедичних конструкцій.

Матеріали та методи дослідження

Для проведення дослідження були використані порівняльні моделі відпрепарованих зубів під різні види незнімних ортопедичних конструкцій, а саме: вкладки, напівкоронки, металокерамічні коронки, суцільнокерамічні коронки, суцільноцирконієві коронки. Проводили препарування гіпсових моделей-типодонтів у відповідності до загальноприйнятих рекомендацій із врахуванням специфіки формування культу під кожну із видів вищезгаданих ортопедичних конструкцій. За допомогою лабораторного сканера сканували моделі до та після препарування, та зіставляли отримані цифрові зображення у форматі *.stl. За отриманою різницею зображення визначався абсолютний об'єм втрати імітованих твердих тканин, а за відношенням середнього обсягу редукції твердих тканин до середнього вихідного об'єму коронкової частини кожного окремого зуба – відносний показник втрати імітованих твердих тканин.

Результати дослідження

Проведено оцінку показників втрати імітованих твердих тканин при препаруванні зубів верхньої і нижньої щелеп під різні види ортопедичних конструкцій.

Досліджено, що різниця середніх показників абсолютної редукції при порівнянні результатів препарування зубів верхньої та нижньої щелепи під металокерамічні конструкції складала: при препаруванні центрального різця – $(86,0 \pm 2,5)$ мм³, при препаруванні бокового різця – $(40,9 \pm 4,2)$ мм³, при препаруванні ікла – $(12,7 \pm 2,1)$ мм³, при препаруванні премоляра – $(5,4 \pm 1,5)$ мм³, при препаруванні моляра – $(4,0 \pm 1,8)$ мм³.

При порівнянні обсягів редукції твердих тканин типодонту зубів верхньої та нижньої щелепи під одиночні суцільнокерамічні конст-

рівнянні абсолютної редукції твердих тканин бокових різців верхньої та нижньої щелепи при їх препаруванні під вініри ($p > 0,05$) (табл. 1).

Таблиця 1. Різниця показників абсолютної редукції твердих тканин зубів верхньої та нижньої щелепи при препаруванні під різні типи конструкцій

Типи конструкцій	Центральний різець, мм ³	р-значення	Боковий різець, мм ³	р-значення	Ікло, мм ³	р-значення	Премоляр, мм ³	р-значення	Моляр, мм ³	р-значення
Металокерамічна	86,0±2,5	$p < 0,05$	40,9±4,2	$p < 0,05$	12,7±2,1	$p > 0,05$	5,4±1,5	$p > 0,05$	4,0±1,8	$p > 0,05$
Суцільнокерамічна	91,1±3,2	$p < 0,05$	22,2±1,8	$p < 0,05$	0,7±0,2	$p > 0,05$	3,8±0,9	$p > 0,05$	3,0±1,3	$p > 0,05$
Цільноцирконієва	99,9±2,6	$p < 0,05$	55,9±2,3	$p < 0,05$	7,7±1,4	$p > 0,05$	10,1±2,9	$p > 0,05$	4,4±1,2	$p > 0,05$
Вінір / Часткова ортопедична конструкція	43,1±3,5	$p < 0,05$	6,6±1,9	$p > 0,05$	5,0±1,7	$p > 0,05$	6,0±2,2	$p > 0,05$	2,8±1,1	$p > 0,05$

рукції зареєстрована різниця показників складала: при препаруванні центрального різця – (91,1±3,2) мм³, при препаруванні бокового різця – (22,2±1,8) мм³, при препаруванні ікла – (0,7±0,2) мм³, при препаруванні премоляра – (3,8±0,9) мм³, при препаруванні моляра – (3,0±1,3) мм³. Величина різниці показників абсолютної втрати твердих тканин при порівнянні результатів препарування зубів верхньої та нижньої щелепи під цільноцирконієві ортопедичні коронки характеризувалась наступним розподілом: при препаруванні центрального різця – (99,9±2,6) мм³, при препаруванні бокового різця – (55,9±2,3) мм³, при препаруванні ікла – (7,7±1,4) мм³, при препаруванні премоляра – (10,1±2,9) мм³, при препаруванні моляра – (4,4±1,2) мм³. Препарування зубів верхньої та нижньої щелепи під вініри характеризувалось наступною різницею показників абсолютної редукції в залежності від топографії одиниць зубного ряду: при препаруванні центрального різця – (43,1±3,5) мм³, при препаруванні бокового різця – (6,6±1,9) мм³, при препаруванні ікла – (5,0±1,7) мм³, при препаруванні премоляра – (6,0±2,2) мм³, при препаруванні моляра – (2,8±1,1) мм³.

Дослідження показало, що статистично значима різниця ($p < 0,05$) була відмічена при препаруванні центрального різця під металокерамічну коронку, під суцільнокерамічну коронку, під цільноцирконієву коронку та під вінір, а також при препаруванні бокового різця під металокерамічну коронку ($p < 0,05$), під суцільнокерамічну коронку ($p < 0,05$) та під цільноцирконієву коронку ($p < 0,05$). За порівняльною оцінкою абсолютної редукції твердих тканин ікл, премолярів та молярів верхньої та нижньої щелепи при проведенні методики зішліфовки під металокерамічні коронки, суцільнокерамічні коронки, цільноцирконієві коронки та часткові ортопедичні конструкції зареєстрована різниця показників виявилась недостовірною ($p > 0,05$). Також було відмічено при по-

Різниця показників середніх обсягів відносної редукції при порівнянні результатів препарування зубів верхньої та нижньої щелепи під металокерамічні конструкції складала: при препаруванні центрального різця – (4,7±1,8) %, при препаруванні бокового різця – (13,5±3,1) %, при препаруванні ікла – (3,5±1,7) %, при препаруванні премоляра – (1,8±1,1) %, при препаруванні моляра – (0,8±0,4) %. При порівнянні обсягів редукції твердих тканин типодонту зубів верхньої та нижньої щелепи під одиночні суцільнокерамічні конструкції зареєстрована різниця показників складала: при препаруванні центрального різця – (3,7±1,2) %, при препаруванні бокового різця – (9,0±1,9) %, при препаруванні ікла – (2,3±0,9) %, при препаруванні премоляра – (2,7±1,5) %, при препаруванні моляра – (0,1±0,1) %. Величина різниці показників абсолютної втрати твердих тканин при порівнянні результатів препарування зубів верхньої та нижньої щелепи під цільноцирконієві ортопедичні коронки характеризувалась наступним розподілом: при препаруванні центрального різця – (2,9±1,0) %, при препаруванні бокового різця – (5,9±1,7) %, при препаруванні ікла – (3,5±1,3) %, при препаруванні премоляра – (1,7±1,1) %, при препаруванні моляра – (1,3±0,8) %. Препарування зубів верхньої та нижньої щелепи під вініри характеризувалось наступною різницею показників абсолютної редукції в залежності від топографії одиниць зубного ряду: при препаруванні центрального різця – (4,9±1,4) %, при препаруванні бокового різця – (2,4±0,9) %, при препаруванні ікла – (0,8±0,6) %, при препаруванні премоляра – (0,8±0,7) %, при препаруванні моляра – (1,3±1,0) %.

Отже, при порівняльній оцінці обсягів відносної редукції твердих тканин зубів верхньої та нижньої щелепи вдалось встановити, що достовірною різницею була при препаруванні центрального різця під металокерамічну коронку ($p < 0,05$), та під вінір (одноповерхневе

облицювання) або часткову ортопедичну реставрацію ($p < 0,05$), а також при зішліфуванні бокового різця під металокерамічну коронку ($p < 0,05$), під суцільнокерамічну коронку ($p < 0,05$), під цільноцирконієву коронку ($p < 0,05$), та вінір або часткову ортопедичну конструкцію ($p < 0,05$). В усіх інших випадках різниця показників відносної редукції при порівнянні результатів препарування зубів на верхній та нижній щелепах була статистично незначимою ($p > 0,05$) (табл. 2).

Таблиця 2. Різниця показників абсолютної редукції твердих тканин зубів верхньої та нижньої щелеп при препаруванні під різні типи конструкцій

Типи конструкцій	Центральний різець, мм ³	p-значення	Боковий різець, мм ³	p-значення	Ікло, мм ³	p-значення	Премоляр, мм ³	p-значення	Моляр, мм ³	p-значення
Металокерамічна	86,0±2,5	p<0,05	40,9±4,2	p<0,05	12,7±2,1	p>0,05	5,4±1,5	p>0,05	4,0±1,8	p>0,05
Суцільнокерамічна	91,1±3,2	p<0,05	22,2±1,8	p<0,05	0,7±0,2	p>0,05	3,8±0,9	p>0,05	3,0±1,3	p>0,05
Цільноцирконієва	99,9±2,6	p<0,05	55,9±2,3	p<0,05	7,7±1,4	p>0,05	10,1±2,9	p>0,05	4,4±1,2	p>0,05
Вінір / Часткова ортопедична конструкція	43,1±3,5	p<0,05	6,6±1,9	p>0,05	5,0±1,7	p>0,05	6,0±2,2	p>0,05	2,8±1,1	p>0,05

Отримані результати свідчать про специфічну варіативність розподілу показників абсолютної та відносної втрати імітованих твердих тканин в ході препарування моделей-типодонтів з наявністю конструкційно-специфічних найвищих на найнижчих рівнів редукції. Виходячи з цього надалі доцільним було проведення комперативного аналізу отриманих результатів дослідження із референтними (еталонними), які враховували вплив суб'єктивних факторів при імітації препарування в цифровому середовищі.

Еталонні зразки формувалися у цифровому середовищі шляхом нелінійної графічної сегментації відсканованих усереднених *.stl-моделей зубів у відповідності до класичних критеріїв препарування твердих тканин. Надалі всі зразки порівнювалися із фактичним відсканованим зразком. В результаті було визначено наскільки обсяг фактичної редукції твердих тканин зубів відрізнявся від цільового об'єму препарування для верифікації аргументованих протоколів мініінвазивного втручання за результатами їх лабораторної апробації на моделі типодонту.

Середня величина надмірної редукції при препаруванні зубів верхньої щелепи складала:

– при препаруванні під металокерамічну коронку: центрального різця – (45,3±4,1) мм³, бокового різця – (37,5±2,8) мм³, ікла – (87,4±4,9) мм³, премоляра – (91,5±4,8) мм³, моляра – (95,6±5,4) мм³;

– при препаруванні під суцільнокерамічну коронку: центрального різця – (49,4±3,7) мм³, бокового різця – (36,3±3,9) мм³, ікла – (89,1±

5,5) мм³, премоляра – (94,3±5,0) мм³, моляра – (99,1±4,9) мм³;

– при препаруванні під цільноцирконієву коронку: центрального різця – (39,8±3,6) мм³, бокового різця – (35,5±3,8) мм³, ікла – (62,6±4,5) мм³, премоляра – (70,9±4,0) мм³, моляра – (75,8±5,2) мм³;

– при препаруванні під вінір: центрального різця – (29,1±2,6) мм³, бокового різця – (23,5±2,6) мм³, ікла – (40,4±3,1) мм³, премоляра – (33,5±3,4) мм³, моляра – (35,9±4,1) мм³.

Середня величина надмірної редукції при препаруванні типодонту зубів нижньої щелепи складала:

– при препаруванні під металокерамічну коронку: центрального різця – (27,3±2,7) мм³, бокового різця – (22,6±3,5) мм³, ікла – (79,5±3,6) мм³, премоляра – (89,8±4,7) мм³, моляра – (91,5±5,9) мм³;

– при препаруванні під суцільнокерамічну коронку: центрального різця – (24,5±2,7) мм³, бокового різця – (21,9±3,0) мм³, ікла – (81,6±5,2) мм³, премоляра – (89,8±2,3) мм³, моляра – (93,8±5,4) мм³;

– при препаруванні під цільноцирконієву коронку: центрального різця – (19,4±3,6) мм³, бокового різця – (18,9±3,9) мм³, ікла – (75,1±4,2) мм³, премоляра – (80,3±4,9) мм³, моляра – (81,2±4,8) мм³;

– при препаруванні під вінір: центрального різця – (18,7±3,1) мм³, бокового різця – (17,4±2,8) мм³, ікла – (38,5±3,4) мм³, премоляра – (34,1±2,7) мм³, моляра – (36,3±3,4) мм³ (табл. 3).

Мінімізація обсягів надмірної редукції твердих тканин емалі та дентину може бути забезпечена за рахунок імплементації протоколів мініінвазивного препарування, які передбачають використання низки заходів контролю з використанням операційного мікроскопу та лабораторно-виготовлених силіконових ключів, підвищення рівня візуалізації та ізоляції робочого поля, а також використання цільової інструментарію, розробленої для препарування під різні типи ортопедичних конструкцій. Таким чином можлива максимальна апроксимація цільового дизайну відпрепарованої

Таблиця 3. Розподіл показників надмірної абсолютної редукції твердих тканин зубів в ході препарування у порівнянні із еталонними зразками

Типи конструкції	Центральний різець в.щ., мм ³	Центральний різець н.щ., мм ³	Боковий різець в.щ., мм ³	Боковий різець н.щ., мм ³	Ікло в.щ., мм ³	Ікло н.щ., мм ³	Премоляр в.щ., мм ³	Премоляр н.щ., мм ³	Моляр в.щ., мм ³	Моляр н.щ., мм ³
Металокерамічна	45,3±4,1	27,3±2,7	37,5±2,8	22,6±3,5	87,4±4,9	79,5±3,6	91,5±4,8	89,8±4,7	95,6±5,4	91,5±5,9
Суцільнокерамічна	49,4±3,7	24,5±2,7	36,3±3,9	21,9±3,0	89,1±5,5	81,6±5,2	94,3±5,0	89,8±2,3	99,1±4,9	93,8±5,4
Цільноцирконієва	39,8±3,6	19,4±3,6	35,5±3,8	18,9±3,9	62,6±4,5	75,1±4,2	70,9±4,0	80,3±4,9	75,8±5,2	81,2±4,8
Вінір/ Часткова ортопедична конструкція	29,1±2,6	18,7±3,1	23,5±2,6	17,4±2,8	40,4±3,1	38,5±3,4	40,4±3,1	34,1±2,7	35,9±4,1	36,3±3,4

культі зуба до референтної сформованої в цифровому середовищі шляхом мінімізації величина показника надмірної редукції.

Виходячи із зареєстрованих середніх обсягів надмірного препарування, визначеного шляхом опрацювання даних відпрепарованих контрольних моделей та порівняння їх із еталонним дизайнами культу зуба, математично було обрахована, що імплементація мініінвазивних протоколів препарування сприяло б зниженню необгрунтованої втрати твердих тканин у випадках препарування нижнього центрального різця – на (12,44±1,56) % при препаруванні під металокерамічні коронки, на (11,61±1,35) % при препаруванні під суцільнокерамічні коронки, на (10,23±1,99) % при препаруванні під цільноцирконієві коронки, на (10,23±1,84) % при препаруванні під суцільнокерамічні вініри або часткові керамічні коронки. Використання принципів мініінвазивного препарування при підготовці бокових різців нижньої щелепи у якості опори металокерамічної конструкції сприяло б зниженню втрати твердих тканин на (9,60±1,52) %, у якості опор суцільнокерамічної конструкції – на (9,50±1,75) %, у якості опор цільноцирконієвої конструкції – на (8,61±1,29) %, у якості опор суцільнокерамічних вінірів чи суцільнокерамічних часткових коронок – на (9,95±1,32) %. Мініінвазивне препарування ікл нижньої щелепи потенційно сприяє зменшенню обсягу редукції твердих тканин у випадках підготовки зуба під металокерамічні коронки на (21,25±3,15) %, під суцільнокерамічні коронки на (22,77±3,25) %, під цільноцирконієві коронки на (22,70±3,94) %, під суцільнокерамічні вініри/суцільнокерамічні часткові коронки на (18,76±2,87) %. Запровадження заходів мініінвазивних ятрогенних втручань у процес препарування премолярів нижньої дозволяє зменшити потенційний обсяг втрати твердих при підготовці зубів під металокерамічні коронки на (22,48±2,87) %, під суцільнокерамічні коронки на (26,23±2,51) %, під цільноцирконієві коронки на (23,73±2,19) %, під суцільнокерамічні вініри та часткові коронки на (16,43±2,09) % у порівнянні із класичними

протоколами препарування без застосування додаткових засобів контролю та візуалізації. Найбільш значиме збереження обсягу твердих тканин емалі та дентину можливе у випадках препарування молярів нижньої щелепи із застосування принципів мініінвазивності, які сприяють зменшенню рівня втрати структури зуба на (22,47±3,19) % у випадках препарування під металокерамічні коронки, на (23,54±3,42) % у випадках препарування під суцільнокерамічні коронки, на 23,73 % у випадках препарування під цільноцирконієві коронки, на (16,55±2,09) % у випадках препарування під суцільнокерамічні вініри та часткові суцільнокерамічні коронки. Опрацювання отриманих даних щодо величини зменшення обсягу потенційної редукції твердих тканин зубів нижньої щелепи при реалізації протоколів мініінвазивного препарування дозволило систематизувати отримані середні показники результатів дослідження з урахування різного виду дизайну культу під незнімні типи ортопедичних конструкцій: при препаруванні під металокерамічні коронки – на (18,05±2,26) %, при препаруванні під суцільнокерамічні коронки – на (18,73±2,19) %, при препаруванні під цільноцирконієві коронки – на (18,15±2,71) %, при препаруванні під вініри чи часткові суцільнокерамічні коронки – на (14,06±2,08) %.

Для забезпечення контролю препарування та мінімізації величини втрати твердих тканин зубів потенційно сприяло б зниженню редукції структури центрального різця верхньої щелепи на (14,83±2,24) % при препаруванні під металокерамічні коронки, на (16,35±2,81) % при препаруванні під суцільнокерамічні коронки, на (13,74±2,75) % при препаруванні під цільноцирконієві коронки, на (13,95±1,89) % при препаруванні під вініри чи часткові суцільнокерамічні коронки. Препарування бокового різця верхньої щелепи із застосуванням принципів мініінвазивності дозволить зменшити втрату твердих тканин емалі та дентину на (13,58±2,72) % при препаруванні під металокерамічні коронки, на (14,36±2,19) % при препаруванні під суцільнокерамічні коронки, на (12,90±3,27) %

при препаруванні під цільноцирконієві коронки, на $(12,95 \pm 2,40)$ % при препаруванні під суцільнокерамічні вініри. Редукція втрати твердих тканин ікл верхньої щелепи з використанням мініінвазивних протоколів втручання можлива на $(22,59 \pm 2,18)$ % при препаруванні під металокерамічні коронки, на $(24,81 \pm 3,15)$ % при препаруванні під суцільнокерамічні коронки, на $(19,36 \pm 2,26)$ % при препаруванні під цільноцирконієві коронки, на $(19,22 \pm 2,51)$ % при препаруванні під вініри чи часткові суцільнокерамічні коронки. У випадках препаруванні премолярів верхньої щелепи мінімізація обсягів контрольованої редукції тканин при відповідному контролі можлива на $(25,32 \pm 2,42)$ % при препаруванні під металокерамічні коронки, на $(27,25 \pm 2,56)$ % при препаруванні під суцільнокерамічні коронки, на $(23,24 \pm 2,84)$ % при препаруванні під цільноцирконієві коронки, на $(16,62 \pm 2,73)$ % при препаруванні від вініри. Протоколи мініінвазивних втручань можуть забезпечити зниження втрати твердих тканин молярів верхньої щелепи на $(23,25 \pm 3,15)$ % при препаруванні під металокерамічні коронки, на $(25,05 \pm 3,22)$ % при препаруванні під суцільнокерамічні коронки, на $(22,44 \pm 2,48)$ % при препаруванні під цільноцирконієві коронки та на $(15,68 \pm 2,06)$ % при препаруванні під вініри чи часткові суцільнокерамічні коронки. Оцінка результатів показників величини зменшення обсягу потенційної редукції твердих тканин зубів верхньої щелепи при реалізації протоколів мініінвазивного препарування дозволило категоризувати наступні середні показники з урахуванням різного дизайну кульги під відповідні типи ортопедичних реставрацій: при препаруванні під металокерамічні коронки – на $(19,91 \pm 3,05)$ %, при препаруванні під суцільнокерамічні коронки – на $(21,57 \pm 2,58)$ %, при препаруванні під цільноцирконієві коронки – на $(18,34 \pm 2,89)$ %, при препаруванні під вініри чи часткові суцільнокерамічні коронки – на $(15,86 \pm 2,23)$ % (табл. 4).

Враховуючи, що вихідний об'єм коронкової частини різних зубів відрізнявся, а в якості

обсягу пульпової камери було прийнято стандартне значення, в окремих випадках відмічалась тенденція до фактично більшого абсолютного обсягу редукції імітованих твердих тканин при різних дизайнах препарування, що відповідало порівняно меншому відносному обсягу втрати імітованих твердих тканин. За результатами дослідження відмічається найбільший обсяг надмірної редукції твердих тканин зубів при препаруванні ікл, премолярів та молярів. Величина надмірної редукції за даними проведеного аналізу моделей у випадках центральних різців та бокових різців є порівняно нижчою, що пов'язано із тенденцією до збереження вітальності зубів та контрольованою мінімізацією обсягу ятрогенної травми зі сторони лікарів-стоматологів.

Науково обґрунтовано, що первинним мінімально-інвазивним дизайном даних ортопедичних конструкцій зубних протезів є достовірно менший обсяг надмірної редукції у порівнянні із всіма іншими видами коронок.

За допомогою отриманих даних визначено, що найбільший фактичний обсяг надмірної редукції твердих тканин зубів відмічається у випадках препарування під різні види коронок, особливо у випадках ікл, премолярів та молярів. Величина надмірної редукції за даними проведеного аналізу моделей у випадках центральних різців та бокових різців є нижчою, що пов'язано із контрольованою мінімізацією обсягу ятрогенної травми та збереженню вітальності зубів лікарями-стоматологами. Статистично менший обсяг надмірної редукції у порівнянні із всіма іншими типами коронок, виявлено при препаруванні зубів під суцільнокерамічні часткові коронки чи вініри. Це може бути обґрунтовано первинним мінімально-інвазивним дизайном даних ортопедичних конструкцій.

Таким чином, можна виокремити два окремі напрямки мінімізації обсягу втручань при використанні різних типів ортопедичних конструкцій, які передбачають: 1) заміщення певних видів конструкцій іншими мініінвазивними за своїм дизайном; 2) мінімізація обсягу на-

Таблиця 4. Обсяг потенційного збереження твердих тканин зубів при реалізації мінімально-інвазивних підходів до препарування під різні типи ортопедичних конструкцій

Типи конструкцій	Центральний різець в.ш., %	Центральний різець н.ш., %	Боковий різець в.ш., %	Боковий різець н.ш., %	Ікло в.ш., %	Ікло н.ш., %	Премоляр в.ш., %	Премоляр н.ш., %	Моляр в.ш., %	Моляр н.ш., %
Металокерамічна	14,83±2,24	11,61±1,35	13,58±2,72	9,60±1,52	22,56±2,18	21,25±3,15	25,32±2,42	22,48±2,87	19,91±3,05	22,47±3,19
Суцільнокерамічна	16,35±2,81	11,61±1,35	14,36±2,19	9,50±1,75	24,81±3,15	22,77±3,25	27,25±2,56	26,23±2,51	21,57±2,58	23,54±3,42
Цільноцирконієва	13,74±2,75	10,23±1,99	12,90±3,27	8,61±1,28	19,36±2,26	22,70±3,94	23,24±2,84	23,73±2,19	18,34±2,89	23,73
Вінір / Часткова ортопедична конструкція	13,95±1,89	10,23±1,84	12,95±2,40	9,95±1,32	19,22±2,51	18,76±2,87	16,62±2,73	16,43±2,09	15,86±2,23	16,55±2,09

правленої редукції в умовах використання усіх типів ортопедичних конструкцій шляхом імплементації відповідних заходів контролю в ході препарування. Вищезазначені результати свідчать про біомеханічну доцільність використання мініінвазивних підходів до препарування у відповідності до обох напрямів, проте з метою комплексного їх обґрунтування необхідно також врахувати значення ризику виникнення ускладнень як критерію для біологічної аргументації мініінвазивних протоколів препарування.

Висновки

1. Встановлено специфічну варіативність розподілу показників абсолютної та відносної втрати імітованих твердих тканин в ході препарування моделей-типодонтів з наявністю конструкційно-специфічних рівнів редукції, при якому найбільший фактичний обсяг надмірної редукції зазначений у випадках препарування ікл, премоларів та молярів.

2. Виокремлено два окремі напрямки мінімізації обсягу втручань при використанні різних типів ортопедичних конструкцій, які передбачають: 1) заміщення певних видів конструкцій іншими мініінвазивними за своїм дизайном; 2) мінімізація обсягу направленої редукції в умовах використання усіх типів ортопедичних конструкцій шляхом імплементації відповідних заходів контролю в ході препарування.

3. Отримані в ході наукового дослідження результати дозволяють стверджувати про біомеханічну доцільність використання мініінвазивних підходів до препарування у відповідності до обох вищезазначених напрямів, проте з метою комплексного їх обґрунтування необхідно також врахувати значення ризику виникнення ускладнень як критерію для біологічної аргументації мініінвазивних протоколів препарування.

Література

1. *Sisler Z. S.* No-preparation veneers: a minimally invasive approach for a naturally esthetic smile / Z. S. Sisler // *Compend. Contin. Educ. Dent.* – 2018. – Vol. 39. – P. 714–720.
2. Minimal invasive microscopic tooth preparation in esthetic restoration: a specialist consensus / H. Yu, Y. Zhao, J. Li [et al.] // *International journal of oral science.* – 2019. – Vol. 11 (3). – P. 31. – <https://doi.org/10.1038/s41368-019-0057-y>
3. *Al-Harbi F.* A guide to minimally invasive crown lengthening and tooth preparation for rehabilitating pink and white aesthetics / F. Al-Harbi, I. Ahmad // *British dental journal.* – 2018. – Vol. 224 (4). – P. 228–234. – <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2018.121>
4. *Fages M.* Minimally Invasive All-ceramic Preparation for the Occlusal Face: The «V Preparation» / M. Fages, B. Bennasar, J. Raynal // *Compendium of continuing education in dentistry.* – 2017. – Vol. 38 (2). – P. e5–e8.
5. Comparative evaluation of the impact of minimally invasive preparation vs. conventional straight-line preparation on tooth biomechanics: a finite element analysis / K. Yuan, C. Niu, Q. Xie [et al.] // *European journal of oral sciences.* – 2016. – Vol. 124 (6). – P. 591–596. – <https://doi.org/10.1111/eos.12303>
6. *Silva B.* Laminate veneers: Preplanning and treatment using digital guided tooth preparation / B. Silva, K. Stanley, J. Gardee // *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* – 2020. – Vol. 32 (2). – P. 150–160. – <https://doi.org/10.1111/jerd.12571>
7. Minimally invasive treatment options in fixed prosthodontics / D. Edelhoff, A. Liebermann, F. Beuer [et al.] // *Quintessence international.* – 2016. – Vol. 47 (3). – P. 207–216. – <https://doi.org/10.3290/j.qi.a35115>.
8. Lithium disilicate posterior overlays: clinical and biomechanical features / M. Luciano, Z. Francesca, S. Michela [et al.] // *Clinical oral investigations.* – 2020. – Vol. 24 (2). – P. 841–848. – <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02972-3>
9. *Liu X. Q.* Zhonghua kou qiang yi xue za zhi = Zhonghua kouqiang yixue zazhi / X. Q. Liu, J. G. Tan // *Chinese journal of stomatology.* – 2021. – Vol. 56 (3). – P. 306–310. – <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112144-20210120-00033>
10. Minimally invasive vertical preparation design for ceramic veneers / M. Imburgia, A. Canale, D. Cortellini // *The international journal of esthetic dentistry.* – 2016. – Vol. 11 (4). – P. 460–471.
11. A New Approach for Minimally Invasive Access to Severely Calcified Anterior Teeth Using the Guided Endodontics Technique / S. Lara-Mendes, C. Barbosa, V. C. Machado [et al.] // *Journal of endodontics.* – 2018. – Vol. 44 (10). – P. 1578–1582. – <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.07.006>

12. A facially driven complete-mouth rehabilitation with ultrathin CAD-CAM composite resin veneers for a patient with severe tooth wear: A minimally invasive approach / A. Ferrando-Cascales, D. Astudillo-Rubio, A. Pascual-Moscardo [et al.] // *The Journal of prosthetic dentistry*. – 2020. – Vol. 123 (4). – P. 537–547. – <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.04.011>

13. Imburgia M. Minimally invasive vertical preparation design for ceramic veneers: a multicenter retrospective follow-up clinical study of 265 lithium disilicate veneers / M. Imburgia, D. Cortellini, M. Valenti // *The international journal of esthetic dentistry*. – 2019. – Vol. 14 (3). – P. 286–298.

14. Костенко Є. Я. Епідеміологічний аналіз наявності та достовірності стоматологічної документації / Є. Я. Костенко // *Інтегративна антропологія*. – 2013. – № (2). – С. 38–42.

15. Янішен І. В. Фактори, що визначають якість ортопедичних конструкцій: аналіз взаємозв'язків / І. В. Янішен // *Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології*. – 2014. – № (4). – С. 291–298.

References

1. Sisler Z.S. (2018) No-preparation veneers: a minimally invasive approach for a naturally esthetic smile. *Compend. Contin. Educ. Dent*, vol. 39, pp. 714–720.

2. Yu H., Zhao Y., Li J., Luo T., Gao J., Liu H. et al. (2019). Minimal invasive microscopic tooth preparation in esthetic restoration: a specialist consensus. *International journal of oral science*, vol. 11 (3), p. 31, <https://doi.org/10.1038/s41368-019-0057-y>.

3. Al-Harbi F., Ahmad I. (2018). A guide to minimally invasive crown lengthening and tooth preparation for rehabilitating pink and white aesthetics. *British dental journal*, vol. 224 (4), pp. 228–234, <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2018.121>.

4. Fages M., Bennasar B., Raynal J. (2017). Minimally Invasive All-ceramic Preparation for the Occlusal Face: The «V Preparation». *Compendium of continuing education in dentistry*, vol. 38 (2), pp. e5-e8.

5. Yuan K., Niu C., Xie Q., Jiang W., Gao L., Huang Z. et al. (2016). Comparative evaluation of the impact of minimally invasive preparation vs. conventional straight-line preparation on tooth biomechanics: a finite element analysis. *European journal of oral sciences*, vol. 124 (6), pp. 591–596, <https://doi.org/10.1111/eos.12303>

6. Silva B., Stanley K., Gardee J. (2020). Laminate veneers: Preplanning and treatment using digital guided tooth preparation. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. vol. 32 (2), pp. 150–160, <https://doi.org/10.1111/jerd.12571>

7. Edelhoff D., Liebermann A., Beuer F., Stimmelmayer M., & Guth J.F. (2016). Minimally invasive treatment options in fixed prosthodontics. *Quintessence international*, vol. 47 (3), pp. 207–216, <https://doi.org/10.3290/j.qi.a35115>.

8. Luciano M., Francesca Z., Michela S., Tommaso M., & Massimo A. (2020). Lithium disilicate posterior overlays: clinical and biomechanical features. *Clinical oral investigations*, vol. 24 (2), pp. 841–848, <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02972-3>

9. Liu X. Q., & Tan J. G. (2021). Zhonghua kou qiang yi xue za zhi = Zhonghua kouqiang yixue zazhi. *Chinese journal of stomatology*, vol. 56 (3), pp. 306–310, <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112144-20210120-00033>

10. Imburgia M., Canale A., Cortellini D., Maneschi M., Martucci C., & Valenti M. (2016). Minimally invasive vertical preparation design for ceramic veneers. *The international journal of esthetic dentistry*, vol. 11 (4), pp. 460–471.

11. Lara-Mendes S., Barbosa C., Machado V.C., & Santa-Rosa C.C. (2018). A New Approach for Minimally Invasive Access to Severely Calcified Anterior Teeth Using the Guided Endodontics Technique. *Journal of endodontics*, vol. 44 (10), pp. 1578–1582, <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.07.006>

12. Ferrando-Cascales A., Astudillo-Rubio D., Pascual-Moscardo A., & Delgado-Gaete A. (2020). A facially driven complete-mouth rehabilitation with ultrathin CAD-CAM composite resin veneers for a patient with severe tooth wear: A minimally invasive approach. *The Journal of prosthetic dentistry*, vol. 123 (4), pp. 537–547, <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.04.011>

13. Imburgia M., Cortellini D., & Valenti M. (2019). Minimally invasive vertical preparation design for ceramic veneers: a multicenter retrospective follow-up clinical study of 265 lithium disilicate veneers. *The international journal of esthetic dentistry*, vol. 14 (3), pp. 286–298.

14. Kostenko Y.Y. (2013). Epidemiolohichniy analiz naiavnosti ta dostovirnosti stomatolohichnoi dokumentatsii [Epidemiolohichniy analiz naiavnosti ta dostovirnosti stomatolohichnoi dokumentatsii]. *Intehrativna antropolohiia – Interactive anthropology*, vol. (2), pp. 38–42 [in Ukrainian].

15. Ianishen I.V. (2014). Faktory, sheho vyznachaiut yakist ortopedychnykh konstruksii: analiz vzaïmozv'iazkiv [Factors determining the quality of orthopedic structures: analysis of relationships]. *Problemy ekolohichnoi ta medychnoi henetyky i klinichnoi imunolohii – Problems of ecological and medical genetics and clinical immunology*, vol. (4), pp. 291–298 [in Ukrainian].

С.Б. Костенко, Г.Н. Накашидзе, А.Я. Билинский, Р.И. Ратушный, И.В. Пензелик

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МИНИМАЛЬНО-ИНВАЗИВНЫХ ПОДХОДОВ К ПРЕПАРИРОВАНИЮ ЗУБОВ ПОД РАЗНЫЕ ТИПЫ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

В научном исследовании проведена оценка значения минимально-инвазивных протоколов ортопедического стоматологического лечения, которое заключается в повышении уровня прогностической оценки функционирования зубов, в качестве опорных единиц ортопедических конструкций, так и собственно самих ортопедических конструкций с учетом специфики их дизайна и лабораторного изготовления с использованием современных компьютеризированных методов моделирования и фрезерования. Проанализировали и обосновали применение минимально инвазивных подходов к препарированию зубов под различные типы ортопедических конструкций. Для проведения научного исследования в качестве сравнительных моделей использовали дизайны препарирования одиночных зубов под металлокерамические коронки, цельнокерамические коронки, циркониевые коронки и дизайн препарирования под винир (одноповерхностная облицовка) или частичную ортопедическую реставрацию (вкладку, полукоронку). Препарирования проводили на гипсовых моделях-типодонтах, из которых предварительно получали цифровые отпечатки с помощью лабораторного сканера. После выполнения препарирования проводили повторное сканирование моделей и взаимосовмещение полученных цифровых изображений в формате *.stl до и после проведения процедуры направленной контролируемой редукиции имитированных твердых тканей зуба. Полученные результаты свидетельствуют о том, что крупнейший фактический объем избыточной редукиции твердых тканей зубов отмечается в случаях препарирования таких под различные виды полноконтурных коронок, особенно в случаях клыков, премоляров и моляров. Подтверждена целесообразность использования минимально инвазивных подходов к препарированию зубов под различные типы ортопедических конструкций. Выделены два отдельных направления минимизации объема вмешательства при использовании различных типов ортопедических конструкций, предусматривающих: 1) замещение определенных видов конструкций другими минимально инвазивными по своему дизайну; 2) минимизация объема направленной редукиции в условиях использования всех типов ортопедических конструкций путем имплементации соответствующих мер контроля в ходе препарирования.

Ключевые слова: ортопедические конструкции, минимально инвазивное препарирование, биомеханическая целесообразность.

S.B. Kostenko, H.N. Nakashydzhe, O.Ya. Bilynskyi, R.I. Ratushnyi, I.V. Penzelyk

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF BIOMECHANICAL EXPEDIENCE TEETH IMPLEMENTATION PREPARATION UNDER DIFFERENT MINIMALLY-INVASIVE APPROACHES FOR TYPES OF PROSTHETIC CONSTRUCTIONS

The study evaluated the importance of minimally invasive protocols in orthopedic dental treatment, which is to increase prognostic assessment functioning level of teeth, as support units of orthopedic structures, and the orthopedic structures themselves, taking into account the specifics of their design and laboratory use modeling and milling. Analyze and justify the use of minimally invasive approaches to the preparation of teeth for different types of orthopedic structures. For science research we were using comparative models preparation designs of single teeth for metal-ceramic crowns, all-ceramic crowns, all-zirconium crowns and design of preparation for veneer (single-surface veneer) or partial orthopedic restoration (inlay, half-crown). Preparations were performed on gypsum tipodont models, from which digital impressions were previously obtained using a laboratory scanner. After performing the preparatory study, the models are re-scanned and the obtained digital images in the *.stl format are interchanged before and after the corresponding control reduction of the simulated teeth hard tissues. The obtained results indicate that the greatest actual volume of excessive reduction of teeth hard tissues is observed in cases of preparation of such under different types of full-contour crowns, especially in cases of canines, premolars and molars. There are two separate areas of minimizing the amount of interventions when

using different types of orthopedic structures, which include: 1) replacement of certain types of structures with other mini-invasive in their design; 2) minimization of the amount of directed reduction in the conditions of use of all types of orthopedic constructions by implementation of appropriate control measures during preparation.

Keywords: *orthopedic constructions, minimally invasive preparation, biomechanical expediency.*

Надійшла до редакції 03.12.2020

Відомості про авторів

Костенко Світлана Борисівна – кандидат медичних наук, доцент, завідувач кафедри ортопедичної стоматології стоматологічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна.

Адреса: Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Університетська, 16 а

Тел.: +38(067)388-25-19.

E-mail: svitlana.kostenko@uzhnu.edu.ua, kostenkosb@gmail.com.

ORCID : <https://orcid.org/0000-0001-7851-3082>.

Накашидзе Годердзі Нодарійович – аспірант стоматологічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна.

Адреса: Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Університетська, 16 а.

Тел.: +995597262850

E-mail: forensicscienceconference@gmail.com.

ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-0769-663X>.

Білінський Олександр Ярославович – старший викладач кафедри терапевтичної стоматології стоматологічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна.

Адреса: Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Університетська, 16 а.

Тел.: +38(099)084-72-26.

E-mail: olexander.bilinskij@uzhnu.edu.ua

ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-0081-2346>.

Ратушний Руслан Ігорович – аспірант стоматологічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна.

Адреса: Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Університетська, 16 а.

Тел.: +38(068)203-31-91.

E-mail: rus.ratusu.rus@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6645-5986>.

Пензелик Ірина Василівна – аспірант стоматологічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна.

Адреса: Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Університетська, 16 а.

Тел.: +38(050)888-75-66.

E-mail: iryna.penzelyk@uzhnu.edu.ua.

ORCID : <https://orcid.org/0000-0001-8162-8788>.