

Горзов Семен Степанович,
старший викладач кафедри дитячої стоматології,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0002-9332-8106
м. Ужгород, Україна

Горзов Віталія Володимирівна,
старший викладач кафедри дитячої стоматології,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0002-3380-4174
м. Ужгород, Україна

Можливості цифровізації підходу до інтерпроксимальної редукції емалі в ході ортодонтичного лікування скученості зубів

Вступ. Інтерпроксимальна редукція (реапроксимація) емалі представляє собою малоінвазивну маніпуляцію, що передбачає стоншення емалі на контактних поверхнях зубів, таким чином зменшуючи мезіодистальний розмір одиниці зубного ряду, і забезпечуючи умови для оптимізації корекції її положення при лікуванні скученості зубів легкого та середнього ступенів важкості. **Мета дослідження.** Оцінити можливості використання функцій цифрового сканування зубних рядів та гіпсових моделей для оптимізації виконання процедури інтерпроксимальної редукції (ІПР) емалі та верифікації результатів даного втручання. **Матеріали та методи.** Аналіз літературних даних передбачав опрацювання наукових публікацій, в яких були відображені різні можливості та цілі застосування цифрового сканування зубних рядів та гіпсових моделей в ході виконання процедури інтерпроксимальної редукції. Пошук публікацій здійснювався виключно у базі PubMed Central (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>) за наступними ключовими словами «interproximal enamel reduction» та «digital scan». **Результати досліджень та їх обговорення.** В жодному з проаналізованих досліджень щодо відповідності між запланованою та досягнутою редукцією емалі, яка оцінювалась за даними цифрового сканування зубів чи моделей, не проводилось порівняння точності різних технік та систем сканування, правдивість та прецизійність котрих може впливати на варіацію отриманих результатів. Крім того, важливо оцінити наскільки валідними є результати вихідного сканування та подальшого графічного рендерингу зображень контактних поверхонь зубів, зареєстрованих з використанням різних систем та технологій сканування. Доцільним також є верифікації змін конфігурації та міграції контактних пунктів та площин за даними інтраорального сканування після проведення процедури інтерпроксимальної редукції емалі, враховуючи потенційний вплив даних факторів на зміни стану тканин пародонту в області втручання. Перспективним виглядає розробка підходів до навігаційного контролю проведення маніпуляції інтерпроксимальної редукції емалі.

Висновки. Можливості використання функцій цифрового сканування зубних рядів та гіпсових моделей для оптимізації виконання процедури інтерпроксимальної редукції емалі та верифікації результатів даного втручання, включають наступні: 1) оцінка клінічної ситуації та об'єктивізація обсягу майбутнього втручання на основі отриманих інтраоральних сканів; 2) планування етапу практичної реалізації процедури інтерпроксимальної редукції емалі, маркування зон безпечного втручання на основі варіацій товщини емалі на контактних поверхнях різних зубів, та виходячи з цього моделювання навігаційного шаблону для контрольованого виконання ІПР; 3) верифікації фактичного обсягу редукції емалі попередньо запланованому на основі аналізу результатів повторного інтраорального чи позаротового сканування.

Ключові слова: цифрова стоматологія, скученість зубів, ортодонція, стоматологічне лікування, інтерпроксимальна редукція емалі.

Horzov Semen Stepanovych, Senior lecturer at the Department of Pediatric Dentistry, SHEI “Uzhhorod National University”, ORCID ID: 0000-0002-9332-8106, Uzhhorod, Ukraine

Horzov Vitaliya Volodymyrivna, Senior lecturer at the Department of Pediatric Dentistry, SHEI “Uzhhorod National University”, ORCID ID: 0000-0002-3380-4174, Uzhhorod, Ukraine

Possibilities of interproximal enamel reduction approach digitalization during orthodontic treatment of teeth crowding

Introduction. Interproximal reduction (reapproximation) of enamel is a minimally invasive manipulation that involves thinning of the enamel on the contact surfaces of the teeth, thus reducing the mesiodistal size of the tooth row unit, and providing conditions for optimizing the correction of its position in the treatment of mild and moderate crowding of teeth. **Objective of the research.** To evaluate the possibilities of using digital scanning functions held among dentitions and cast models for optimization of the interproximal enamel reduction (IPR) procedure performance and verification of the results for such intervention. **Materials and methods.** The analysis of literary data involved processing of scientific publications, which reflected the various possibilities and purposes of using digital scanning of dentitions and cast models during the interproximal reduction procedure. The search for publications was carried out exclusively in the PubMed Central database using the following keywords «interproximal enamel reduction» and «digital scan». **Results and discussions.** In none of the analyzed studies dedicated to the verification of correspondence between the planned and achieved interproximal enamel reduction, which was evaluated by digital scans of dentition or stone casts, the accuracy of different scanning techniques and systems was not compared, the veracity and precision of which may influence the variation of the obtained results. In addition, it is important to evaluate how valid are the results of the original scan and the subsequent graphic rendering of the images for the contact surfaces of the teeth registered using different scanning systems and technologies

are. It is also advisable to verify changes in configuration and migration of contact points and planes based on intraoral scanning data after the interproximal enamel reduction procedure, taking into account the potential influence of these factors on changes in the state of periodontal tissues within the area of intervention. The development of approaches with navigational control of interproximal enamel reduction looks also perspective.

Conclusions. Possibilities of using the functions of digital scanning among dentitions or cast models to optimize the performance of the interproximal enamel reduction procedure and to verify the results of such intervention include the following: 1) to assess the initial clinical situation and to objectify the scope of the future intervention based on the obtained intraoral scans; 2) to plan the stage of practical realization for the interproximal enamel reduction procedure, to mark safe intervention zones based on variations in enamel thickness on the contact surfaces of different teeth, and based on this, to model the navigation guide for the controlled implementation of interproximal enamel reduction; 3) to verify the actual amount of enamel reduction and its correspondence with previously planned based on the analysis of the results of repeated intraoral or extraoral scanning.

Key words: digital dentistry, teeth crowding, orthodontics, dental treatment, interproximal enamel reduction.

Вступ. Інтерпроксимальна редукція (реапроксималізація) емалі представляє собою малоінвазивну маніпуляцію, що передбачає стоншення емалі на контактних поверхнях зубів, таким чином зменшуючи мезіодистальний розмір одиниці зубного ряду, і забезпечуючи умови для оптимізації корекції її положення при лікуванні скученості зубів легкого та середнього ступенів важкості [2, 7, 11]. За даними систематичного огляду реалізація інтерпроксимальної редукції (ІПР) емалі повинна керуватися трьома основними принципами: 1) обов'язково забезпечувати наявність залишкового тонкого шару емалі в ділянці втручання; 2) проводити маніпуляцію в проекції поверхні з більшою вихідною товщиною емалі; 3) забезпечувати селективну редукцію на контактних поверхнях двох суміжних зубів [15].

Аналіз 500 планів ортодонтичного лікування із використанням системи Invisalign® виявив, що в 71% з них передбачалось проведення інтерпроксимальної редукції емалі, хоча фактична поширеність виконання даної маніпуляції була значно нижчою [16, 18]. Незважаючи на значну поширеність проведення даної маніпуляції лише 17% пацієнтів були проінформовані про можливість реалізації такої в ході комплексного ортодонтичного лікування скученості зубів, при цьому 93% не заперечували щодо ймовірності її проведення у разі відповідної потреби та належного обґрунтування і інформаційної підтримки; при цьому усі респонденти погоджувались на проведення інтерпроксимальної редукції, якщо така дозволяла уникнути необхідності екстракції зуба для корекції положення одиниць зубного ряду [6]. Хоча систематичний огляд de Almeida N. та колег підкреслив відмінності показів до реалізації екстракції та інтерпроксимальної редукції емалі, як підходів спрямованих на корекцію скученості зубів [11].

Зокрема, проведення інтерпроксимальної редукції є доцільним у випадках збереження тенденції до мінімізації рівня інвазивності втручань, мінімальних змін профілю обличчя, при I класі співвідношень, при показнику індексу Болтона менше 3 мм, у випадках скученості легкого та середнього ступенів вираженості, в умовах нормального вертикального та горизонтального перекриття, при низькій інтенсивності карієсу та адекватному рівню гігієни, а також у випадках корекції трикутної форми зубів [11].

Широке використання можливостей цифрових технологій, зокрема інтраорального сканування та сканування моделей, сприяє оптимізації алгоритмів стоматологічного лікування, в тому числі і серед ортодонтичних пацієнтів. Проте потребують уточнення

практичні та клінічно-орієнтовані перспективи та можливості застосування різних технік цифрового сканування саме у випадках лікування скученості зубів при реалізації підходу із інтерпроксимальною редукцією емалі, зважаючи на мінімально-інвазивний характер даної маніпуляції, та потребу забезпечення належного контролю в ході її виконання.

Мета. Оцінити можливості використання функцій цифрового сканування зубних рядів та гіпсових моделей для оптимізації виконання процедури інтерпроксимальної редукції емалі та верифікації результатів даного втручання.

Матеріали та методи. Аналіз літературних даних передбачав опрацювання наукових публікацій, в яких були відображені різні можливості та цілі застосування цифрового сканування зубних рядів та гіпсових моделей в ході виконання процедури інтерпроксимальної редукції. Пошук публікацій здійснювався виключно у базі PubMed Central (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>) за наступними ключовими словами «interproximal enamel reduction» та «digital scan», що відповідало наступному Mesh-дескриптору: «(interproximal[All Fields] AND («dental enamel»[MeSH Terms] OR («dental»[All Fields] AND «enamel»[All Fields])) OR («dental enamel»[All Fields] OR «enamel»[All Fields]) AND reduction[All Fields] AND («radiographic image enhancement»[MeSH Terms] OR («radiographic»[All Fields] AND «image»[All Fields] AND «enhancement»[All Fields]) OR «radiographic image enhancement»[All Fields] OR «digital»[All Fields] AND («radionuclide imaging»[MeSH Terms] OR («radionuclide»[All Fields] AND «imaging»[All Fields]) OR «radionuclide imaging»[All Fields] OR «scan»[All Fields]))». Жодних обмежень щодо глибини пошуку чи дизайну дослідження не застосовувалося, але аналіз проводився лише серед наукових робіт, опублікованих англійською мовою.

На момент проведення пошуку даний запит дозволив ідентифікувати 137 наукових робіт, з яких за результатами аналізу назв статей та анотацій в якості релевантних було відібрано лише 18. Контент-аналіз даних 18 публікацій представлений нижче у описовій формі, репрезентуючи основні дані представлені у роботах, в яких реалізація процедури інтерпроксимальної редукції певним чином була пов'язана із можливостями цифрового сканування зубних рядів або ж гіпсових моделей.

Виклад основного матеріалу дослідження. Наразі в літературі описані різні підходи до оцінки відповідності між запрограмованою (запланованою) інтерпроксимальною редукцією емалі і фактично-

досягнутою на основі суміщення інтраоральних сканів до і після проведення маніпуляції: за обрахованими результатами площі та об'єму сегментованих ділянок, які піддавались редукції; на основі замірів відстаней між контактними поверхнями; на основі отриманих крос-секцій з оклюзійної та сагітальних проекцій; на основі суперімпозиції цілісних сканів або ж окремих їх окремих фрагментів.

Застосування підходу з використанням для контролю результатів ІПР інтраоральних сканів, отриманих iTero Element 5D (iTero, Align Technology, Inc., США) дозволило встановити, що ротаційні (механічні) системи для інтерпроксимальної редукції, незалежно від особливостей використання в якості робочих інструментів абразивних штрипс чи дисків, характеризуються вищою точністю проведення процедури по відношенню до запланованого результату, тоді як мануальні системи характеризуються дефіцитом редукції по відношенню до запланованого обсягу [5, 9]. Аналогічний результат також був описаний у роботі Kalemaj Z. та колег, в якому оцінку результатів проводили за даними інтраорального сканування (без уточнення використовуваної системи сканування): автори відмітили, що ротаційні системи характеризуються вищою точністю реалізації інтерпроксимальної редукції по відношенню до попередньо запланованого результату в порівнянні із використанням ручних штрипс, хоча в цілому усі системи характеризувались ефектом «недоредукції» по відношенню до прогнозованого результату (в діапазоні 0,12-0,18 мм) [12]. Крім того, невідповідності запланованої редукції та реалізованої відрізнялися у різних ділянках локалізації, та особливо було виражені в проекції нижніх ікол та дистальних поверхонь зубів [12].

De Felice M. та колеги описали схожі результати, демонструючи тенденцію до недосягнення показників запланованої редукції в ході реалізації маніпуляції, при чому середня різниця між такими складала 0,55 мм на верхній щелепі та 0,82 мм на нижній щелепі [2]. Автори також квантифікували точність процедури інтерпроксимальної редукції по відношенню до запланованого результату, яка складала 44,95% для верхньої щелепи та 37,20% для нижньої щелепи [2]. Аналогічне за дизайном дослідження Hariharan A. та колег також констатувало тенденцію до недостатньої редукції емалі відносно запланованих показників з різницею в 0,13±0,17 мм між такими на верхній щелепі та 0,14±0,19 на нижній, хоча дані показники відрізнялися в проекції різних зубів [8]. Такі відмінності засвідчили точність виконання маніпуляції відносно запланованих показників на рівні 45-46% [8].

Використання системи лазерного сканування у прикладній роботі Johner A.M. та колег (2013) з порівнянням зубів до та після направленої інтерпроксимальної редукції в програмному забезпеченні Viewbox software дозволило встановити, що використання різних систем для редукції (ручних, осцилюючих чи механічно-моторних) не може виступати предиктором для прогнозування фактичного обсягу втрати емалі, проте обсяг досягнутої редукції у всіх проаналізованих випадках виявився менше запланованої [17].

Таким чином вищевказані дані свідчать, що можливості інтраорального сканування дозволили встановити часте виникнення ефекту недостатньої редукції в результаті процедури ІПР, а також той факт, що різні підходи до виконання даної маніпуляції (з використанням різних інструментів) відрізняються за своєю точністю по відношенню до досягнення запланованих результатів. Враховуючи отримані результати в цілому можна констатувати існуючу проблему щодо необхідності забезпечення належної точності при проведенні процедури інтерпроксимальної редукції емалі та клінічну потребу в наблизенні реалізованих показників редукції до запланованих, не компрометуючи при цьому безпеки виконання маніпуляції та мінімізуючи ризик виникнення ятрогенних ускладнень. Перспективними для використання з цією метою є можливості цифрового планування даного типу втручань та конструювання адаптованих навігаційних шаблонів, які б формували умови для більш точного проведення маніпуляції (рис. 1).

Варіант такого шаблону був представлений Cotrina-Peregrin M. та колегами, які в цілому репрезентували інноваційну техніку навігаційного контролю під час проведення процедури інтерпроксимальної редукції [14]. Описаний авторами підхід базується на використанні навігаційних шаблонів, які моделюються у програмному забезпеченні NemoStudio® (Nemotec, Іспанія), в структурі котрих передбачається формування тунелів через контактні поверхні перпендикулярно до довгої осі зуба, таким чином щоби контролювати обсяг редукції з контактних поверхонь двох суміжних зубів до 0,2 мм з кожної [14]. Побудова навігаційного шаблону у оригінальному алгоритмі, запропонованому авторами, відбувається на основі інтраорального скану, отриманого сканером True Definition (3M™ True Definition, 3M, США). Середній обсяг редукції емалі при використанні навігаційного шаблону виявився статистично точнішим та меншим, ніж при мануальній редукції без додаткового контролю (0,20±0,09 мм проти 0,39±0,07 мм з вестибулярної сторони, та 0,24±0,11 мм проти 0,58±0,9 мм з лінгвальної сторони) [14].

Важливо відмітити, що в жодному з проаналізованих досліджень щодо відповідності між запланованою та досягнутою редукцією емалі не проводилось порівняння точності різних технік та систем сканування, правдивість та прецизійність котрих може впливати на варіацію отриманих результатів. Крім того, важливо оцінити наскільки валідними є результати вихідного сканування та подальшого графічного рендерингу зображень контактних поверхонь зубів, зареєстрованих з використанням різних систем та технологій сканування.

На основі аналізу 809 датасетів для планування інтерпроксимальної редукції було визначено, що найчастіше така проводиться в проекції передніх зубів нижньої щелепи, а серед зубів, які найчастіше піддаються такій маніпуляції – нижні ікла та верхні різці [4]. На фоні проведення досліджень, сфокусованих на різних аспектах проведення процедури інтерпроксимальної редукції емалі в ході комплексного ортодонтичного лікування мета-аналіз Kailasam V. та колег

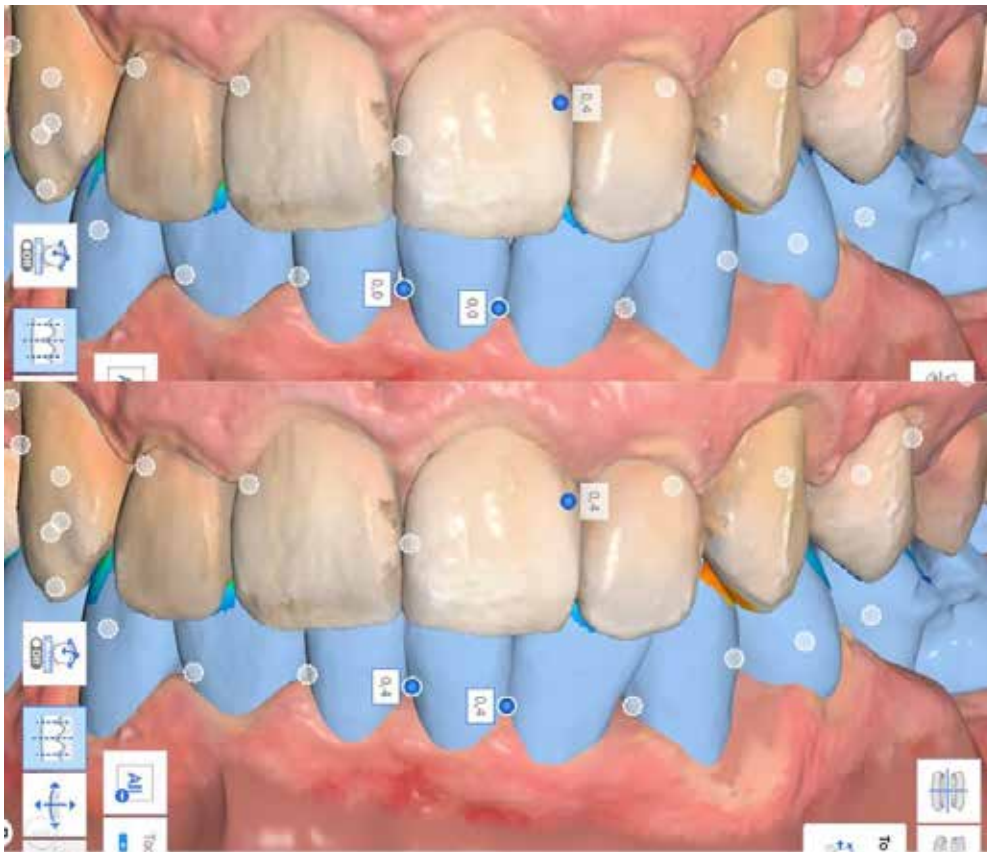


Рис. 1. Планування інтерпроксимальної редукції на основі інтраоральних сканів в програмному забезпеченні MeditLink

засвідчив, що товщина емалі на дистальних поверхнях зубів в середньому на 0,1 мм є більшою, ніж на мезіальних поверхнях [15]. При цьому найменші розбіжності товщини емалі з дистальною та мезіальною сторін були відмічені серед других премолярів верхньої та нижньої щелепи, а найбільші (з превалюванням більшої товщини емалі з дистальної сторони) – у центральних різців верхньої щелепи та перших премолярів верхньої щелепи [15]. У систематичному огляді, який не супроводжувався мета-аналізом, Rivera D.A. та колеги (2022) підкреслили, що обсяг редукції емалі з проксимальних сторін не повинен перевищувати 50% її вихідної товщини, а загальна тенденція демонструвала більшу товщину емалі з дистальної сторони в порівнянні із мезіальною, різниця між якими зростала від фронтальних до дистальних зубів [3]. За даними різних досліджень включених до систематичного огляду сумарна безпечна редукція емалі на верхній щелепі може варіювати в межах 7-10,19 мм, а на нижній – в межах 7-9,78 мм [3]. Ці клінічні показники також можуть бути враховані в ході цифрового планування маніпуляції інтерпроксимальної редукції емалі на отриманих інтраоральних сканах пацієнтів.

Крім того, попри те, що оцінка результатів інтерпроксимальної редукції підлягає цифровому опрацюванню, в ході клінічної реалізації маніпуляції важливо враховувати варіації показників товщини емалі на контактних поверхнях зубів, які за даними релевантного систематичного огляду коливались в наступних діапазонах: для центральних різців верх-

ньої щелепи – 0,81-1,1 мм з дистальної сторони та 0,8-0,98 мм з мезіальної сторони, для латеральних різців верхньої щелепи – 0,73-1,02 мм з дистальної сторони та 0,72-0,93 мм з мезіальної сторони, для ікол верхньої щелепи – 1,11-1,67 мм з дистальної сторони та 0,85-1,42 мм з мезіальної сторони, для перших премолярів верхньої щелепи – 1,24-1,54 мм з дистальної сторони та 1,13-1,48 мм з мезіальної сторони, для других премолярів верхньої щелепи – 1,16-1,36 мм з дистальної сторони та 1,1-1,41 мм з мезіальної сторони, для перших молярів верхньої щелепи – 1,41-1,46 мм з дистальної сторони та 1,34-1,37 мм з мезіальної сторони щелепи, для других молярів верхньої щелепи – 1,3-1,43 мм з дистальної сторони та 1,27-1,42 мм з мезіальної сторони, для різців нижньої щелепи – 0,6-0,87 мм з мезіальної сторони та 0,64-0,76 мм з дистальної сторони, для ікол нижньої щелепи – 1,01-1,24 мм з дистальної сторони та 0,78-1,28 мм з мезіальної сторони щелепи, для перших премолярів нижньої щелепи – 1,05-1,51 мм з дистальної сторони щелепи та 0,99-1,41 мм з мезіальної сторони щелепи, для других премолярів нижньої щелепи – 1,21-1,8 мм з дистальної сторони та 1,15-1,38 мм з мезіальної сторони, для перших молярів нижньої щелепи – 1,4-1,47 з дистальної сторони та 1,28-1,46 мм з мезіальної сторони, для других молярів нижньої щелепи – 1,41-1,46 мм з мезіальної сторони та 1,41-1,44 мм з дистальної сторони [15]. Ці діапазони значень можуть бути промарковані на інтраоральних сканах в ході планування інтерпроксимальної

редукції для її подальшого безпечного виконання та контролю втручання з переносом відповідних позначок на принтовані моделі, які можуть застосовуватися у якості референтних.

У одному з досліджень застосування системи інтраорального сканування True Definition (3M™ True Definition, 3M, США) дозволило квантифікувати фактичну площу та об'єм інтерпроксимальної редукції шляхом сегментації та подальшої суперімпозиції stl-файлів окремих зубів [1]. Так, за даними Triduo M. та колег (2021) середня площа редукції емалі при контрольованому втручанні в експериментальних умовах складала $3,53 \pm 3,08$ мм² на дистальній поверхні та $2,97 \pm 3,05$ мм² на мезіальній, а середній обсяг редукції – $0,32 \pm 0,22$ мм³ та $0,22 \pm 0,16$ мм³ [1]. При цьому авторами був запропонований специфічний протокол сегментації зубів із структури інтраоральних сканів з метою об'єктивізації отриманих показників [1].

Методика позаротового сканування моделей до після проведення процедури інтерпроксимальної редукції може бути використана для верифікації міграції контактних пунктів та зміни їх конфігурації шляхом суперімпозиції stl-зображень, як це було описані у дослідженні Cremonini S. та колег [10]. В цілому автори виявили тенденцію до заміщення контактної точки контактною поверхнею ромбоподібної форми із міграцією площини контакту в ясеневому напрямку [10].

Попри виражений тренд в напрямку діджиталізації протоколів ортодонтичного лікування з використанням методу інтерпроксимальної редукції, окремої уваги потребують клінічні протипокази до реалізації даної маніпуляції в процесі стоматологічної реабілітації, а саме: незадовільний рівень гігієни ротової порожнини та висока інтенсивність карієсу, вихідна гіперчутливість зубів, дефектні вихідні конфігурації міжзубних контактів.

В той же наступні клінічні умови сприяють обґрунтуванню для проведення інтерпроксимальної редукції емалі: для виключення потреби екстракції окремих зубів, у випадках коли розміри окремих зубів виключають можливість досягнення адекватного міжзубного співвідношення, для покращення форми та конфігурації міжзубних контактів та мінімізації обсягу відкрити приясенених амбразур, для покращення стабільності результату ортодонтичного лікування (особливо у фронтальних ділянках нижньої щелепи) [16, 18].

Попри те, що за даними систематичного огляду різні техніки інтерпроксимальної редукції характеризувалися відсутністю виражених негативних ефектів щодо ризику демінералізації, зростання частоти виникнення

карієсу, гіперчутливості та негативних пародонтологічних наслідків, для об'єктивної оцінки співвідношення ризиків та ефективності доцільним є проведення рандомізованих контрольованих досліджень із тривалим періодом спостереження [7, 13].

Таким чином, можна резюмувати, що можливості використання функцій цифрового сканування зубних рядів та гіпсових моделей для оптимізації виконання процедури інтерпроксимальної редукції емалі та верифікації результатів даного втручання, включають наступні: 1) оцінка клінічної ситуації та об'єктивізація обсягу майбутнього втручання на основі отриманих інтраоральних сканів; 2) планування етапу практичної реалізації процедури інтерпроксимальної редукції емалі, маркування зон безпечного втручання на основі варіацій товщини емалі на контактних поверхнях різних зубів, та виходячи з цього моделювання навігаційного шаблону для контрольованого виконання ППРЕ; 3) верифікації фактичного обсягу редукції емалі попередньо запланованому на основі аналізу результатів повторного інтраорального чи позаротового сканування.

Висновки. Цифровізація підходу до інтерпроксимальної редукції емалі в ході ортодонтичного лікування скученості зубів пов'язана із можливостями реалізації наступних маніпуляцій на основі отриманих інтраоральних чи позаротових сканів: оцінка вихідної клінічної ситуації та прорахунок необхідної редукції емалі; планування втручання, маркування зони для безпечного втручання (з урахуванням показників товщини емалі на контактних поверхнях різних зубів) та моделювання дизайну навігаційних шаблонів для контролю процедури та підвищення точності її виконання; оцінка відповідності між запланованим та досягнутим рівнем редукції емалі. Подальшого дослідження потребує вплив параметрів точності різних систем сканування на можливість об'єктивізації вихідного стану контактних поверхонь зубів та їх змін в результаті контрольованої редукції певного обсягу емалі. Доцільним також є верифікації змін конфігурації та міграції контактних пунктів та площин за даними інтраорального сканування після проведення процедури інтерпроксимальної редукції емалі, враховуючи потенційний вплив даних факторів на зміни стану тканин пародонту в області втручання. Перспективною виглядає розробка підходів до навігаційного контролю проведення маніпуляції інтерпроксимальної редукції емалі, оскільки така може підвищити точність проведення маніпуляції як з точки зору необхідного обсягу редукції, так і з точки зору проведення такої у чітко визначених зонах контактних поверхонь.

ЛІТЕРАТУРА

1. A novel digital technique to quantify the area and volume of enamel removal after interproximal enamel reduction. M. Triduo, A. Zubizarreta-Macho, J. A. Pérez-Barquero et al. *Applied sciences*. 2021. Vol. 11(3). P. 1274.
2. Accuracy of interproximal enamel reduction during clear aligner treatment. M. E. De Felice, L. Nucci, A. Fiori et al. *Progress in orthodontics*. 2020. Vol. 21. P. 1–7.
3. Arias Rivera D., Casillas Santana M. Á., Salas Orozco M. F. Proximal enamel thickness quantification in orthodontics for interproximal reduction: A systematic review. *Rev. estomat. Salud*. 2022. Vol. 30(1). P.e1160.
4. Assessment of interproximal enamel reduction planned by the digital set-up of a customized lingual orthodontic appliance: A comparison cohort study. J. F. Cuzin, D. Gaget, P. Maes et al. *Heliyon*. 2024. Vol. 10(3). P. e24361.
5. Comparison of the accuracy of three interproximal reduction methods used in clear aligner treatment. P. Güleç-Ergün, A. Arman-Özçirpici, A. Atakan-Kocabalkan et al. *Clinical Oral Investigations*. 2024. Vol. 28(1). P. 95.

6. Donovan J., Millett D. T., Harding M. Patients' knowledge and perceptions of interproximal reduction as part of orthodontic treatment in a publicly-funded orthodontic service in the Republic of Ireland. *Journal of the Irish Dental Association*. 2024. Vol. 2024. P. 1–6.
7. Effects of interproximal enamel reduction techniques used for orthodontics: A systematic review. J. N. Gómez-Aguirre, L. Argueta-Figueroa, M. E. M. Castro-Gutiérrez et al. *Orthodontics & Craniofacial Research*. 2022. Vol. 25(3). P. 304–319.
8. Evaluation of interproximal reduction in individual teeth, and full arch assessment in clear aligner therapy: digital planning versus 3D model analysis after reduction. A. Hariharan, S. A. Arqub, V. Gandhi et al. *Progress in Orthodontics*. 2022. Vol. 23(1). P. 9.
9. Evaluation of the Consistency of Two Interproximal Reduction Methods in Clear Aligner Therapy: A Preliminary Study. P. G. Ergün, A. A. Özçırpıcı, A. A. Kocabalkan et al. *Turkish Journal of Orthodontics*. 2024. Vol. 37(1). P. 1.
10. In Vitro Study of Tooth Surfaces After Interproximal Enamel Reduction: Extraoral Scanner and SEM Analysis. C. Cremonini, V. Giannoccaro, M. Palone et al. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada*. 2021. Vol. 21. P. e0021.
11. Interproximal wear versus incisors extraction to solve anterior lower crowding: A systematic review. N. V. D. Almeida, G. S. Silveira, D. M. T. Pereira et al. *Dental press journal of orthodontics*. 2015. Vol. 20. P. 66–73.
12. Kalemaj Z., Levrini L. Quantitative evaluation of implemented interproximal enamel reduction during aligner therapy: a prospective observational study. *The Angle Orthodontist*. 2021. Vol. 91(1). P. 61–66.
13. Koretsi V., Chatzigianni A., Sidiropoulou S. Enamel roughness and incidence of caries after interproximal enamel reduction: a systematic review. *Orthodontics & craniofacial research*. 2014. Vol. 17(1). P. 1–13.
14. Novel Technique of Interproximal Enamel Reduction Based on Computer-Aided Navigation Technique—An In Vitro Study. M. D. Cotrina-Peregrín, P. Arrieta-Blanco, J. M. Aragoneses-Lamas et al. *Journal of Personalized Medicine*. 2024. Vol. 14(2). P. 138.
15. Proximal enamel thickness of the permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. V. Kailasam, H. Rangarajan, H. N. Easwaran et al. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2021. Vol. 160(6). P. 793–804.
16. Quantitative assessment of interproximal tooth reduction performed as part of Invisalign treatment in 10 orthodontic practices. T. Weir, A. Shailendran, B. Kerr et al. *Australasian Orthodontic Journal*. 2021. Vol. 37(2). P. 176–186.
17. Quantitative comparison of 3 enamel-stripping devices in vitro: how precisely can we strip teeth? A. M. Johner, N. Pandis, A. Dudic et al. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013. Vol. 143(4). P. S168–S172.
18. Weir T., Shailendran A., Freer E. Prevalence of interproximal tooth reduction prescribed as part of initial Invisalign treatment in 10 orthodontic practices. *Australasian Orthodontic Journal*. 2022. Vol. 38(1). P. 96–101.

REFERENCES

1. Triduo, M., Zubizarreta-Macho, Á., Pérez-Barquero, J. A., Guinot Barona, C., Alvarado Lorenzo, A., Vicente-Galindo, P. & Albaladejo Martínez, A. (2021). A novel digital technique to quantify the area and volume of enamel removal after interproximal enamel reduction. *Applied sciences*, 11(3), 1274. [in English].
2. De Felice, M. E., Nucci, L., Fiori, A., Flores-Mir, C., Perillo, L. & Grassia, V. (2020). Accuracy of interproximal enamel reduction during clear aligner treatment. *Progress in orthodontics*, 21, 1–7. [in English].
3. Arias Rivera, D., Casillas Santana, M. Á. & Salas Orozco, M. F. (2022). Proximal enamel thickness quantification in orthodontics for interproximal reduction: A systematic review. *Rev. estomat. salud*, 1–11. [in English].
4. Cuzin, J. F., Gaget, D., Maes, P., Bottenberg, P., Vannet, B. V. & Asscherickx, K. (2024). Assessment of interproximal enamel reduction planned by the digital set-up of a customized lingual orthodontic appliance: A comparison cohort study. *Heliyon*, 10(3). [in English].
5. Güleç-Ergün, P., Arman-Özçırpıcı, A., Atakan-Kocabalkan, A. & Tunçer, N. İ. (2024). Comparison of the accuracy of three interproximal reduction methods used in clear aligner treatment. *Clinical Oral Investigations*, 28(1), 95. [in English].
6. Donovan, J., Millett, D. T. & Harding, M. (2024). Patients' knowledge and perceptions of interproximal reduction as part of orthodontic treatment in a publicly-funded orthodontic service in the Republic of Ireland. *Journal of the Irish Dental Association*. [in English].
7. Gómez-Aguirre, J. N., Argueta-Figueroa, L., Castro-Gutiérrez, M. E. M. & Torres-Rosas, R. (2022). Effects of interproximal enamel reduction techniques used for orthodontics: A systematic review. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 25(3), 304–319. [in English].
8. Hariharan, A., Arqub, S. A., Gandhi, V., Da Cunha Godoy, L., Kuo, C. L. & Uribe, F. (2022). Evaluation of interproximal reduction in individual teeth, and full arch assessment in clear aligner therapy: digital planning versus 3D model analysis after reduction. *Progress in Orthodontics*, 23(1), 9. [in English].
9. Ergün, P. G., Özçırpıcı, A. A., Kocabalkan, A. A. & Tunçer, N. İ. (2024). Evaluation of the Consistency of Two Interproximal Reduction Methods in Clear Aligner Therapy: A Preliminary Study. *Turkish Journal of Orthodontics*, 37(1), 1. [in English].
10. Cremonini, C., Giannoccaro, V., Palone, M. & Albertini, P. (2021). In Vitro Study of Tooth Surfaces After Interproximal Enamel Reduction: Extraoral Scanner and SEM Analysis. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada*, 21, e0021. [in English].
11. Almeida, N. V. D., Silveira, G. S., Pereira, D. M. T., Mattos, C. T. & Mucha, J. N. (2015). Interproximal wear versus incisors extraction to solve anterior lower crowding: A systematic review. *Dental press journal of orthodontics*, 20, 66–73. [in English].
12. Kalemaj, Z. & Levrini, L. (2021). Quantitative evaluation of implemented interproximal enamel reduction during aligner therapy: a prospective observational study. *The Angle Orthodontist*, 91(1), 61–66. [in English].

-
13. Koretsi, V., Chatziagianni, A. & Sidiropoulou, S. (2014). Enamel roughness and incidence of caries after interproximal enamel reduction: a systematic review. *Orthodontics & craniofacial research*, 17(1), 1–13. [in English].
 14. Cotrina-Peregrín, M. D., Arrieta-Blanco, P., Aragonese-Lamas, J. M., Albaladejo Martínez, A., Lobo Galindo, A. B. & Zubizarreta-Macho, Á. (2024). Novel Technique of Interproximal Enamel Reduction Based on Computer-Aided Navigation Technique—An In Vitro Study. *Journal of Personalized Medicine*, 14(2), 138. [in English].
 15. Kailasam, V., Rangarajan, H., Easwaran, H. N. & Muthu, M. S. (2021). Proximal enamel thickness of the permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 160(6), 793–804. [in English].
 16. Weir, T., Shailendran, A., Kerr, B. & Freer, E. (2021). Quantitative assessment of interproximal tooth reduction performed as part of Invisalign treatment in 10 orthodontic practices. *Australasian Orthodontic Journal*, 37(2), 176–186. [in English].
 17. Johner, A. M., Pandis, N., Dudic, A. & Kiliaridis, S. (2013). Quantitative comparison of 3 enamel-stripping devices in vitro: how precisely can we strip teeth?. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 143(4), S168–172. [in English].
 18. Weir, T., Shailendran, A. & Freer, E. (2022). Prevalence of interproximal tooth reduction prescribed as part of initial Invisalign treatment in 10 orthodontic practices. *Australasian Orthodontic Journal*, 38(1), 96–101. [in English].