

## Научная статья

# Расширение верхней челюсти: сравнение результатов лечения самолигирующими брекетами Damon с аппаратурой MARPE и PAOO

Эман Альсайег <sup>1</sup>, Насиб Балют <sup>2,3</sup>, Дональд Дж. Фергюсон <sup>1</sup>, Лэйт Макки <sup>1</sup>, Томас Уилко <sup>4</sup>, Исмаил Ханса <sup>1</sup> и Нихилеш Р. Вайд <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Кафедра ортодонтии, Колледж Европейского университета, Дубай, ОАЭ

<sup>2</sup> Автономный университет Нижней Калифорнии, Мехикали, Мексика

<sup>3</sup> Университет Дель Валле, Кали, Колумбия

<sup>4</sup> Кафедра пародонтологии, Университет Кейс Вестерн Резерв, Кливленд, США

Адрес для переписки: Исмаил Ханса; [ismaeel.hansa@gmail.com](mailto:ismaeel.hansa@gmail.com)

Поступила в редакцию: 7 декабря 2021; Отредактирована: 22 февраля 2022; Принята к публикации: 14 марта 2022; Опубликовано: 9 мая 2022.

Научный редактор: Shivam Mehta

Авторское право © 2022 Eman Alsayegh et al. Статья находится в открытом доступе, распространяется с лицензией Creative Commons Attribution, которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильности цитирования оригинальной работы.

**Цель.** Целью настоящего исследования было изучение параметров зубных дуг и пародонтальных изменений до и после лечения с применением различных методов: аппарата для быстрого небного расширения на минивинтах (MARPE, Miniscrew Assisted Rapid Palatal Expansion), пародонтальной ускоренной остеогенной ортодонтии (PAOO, Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontics) и самолигирующих брекетов Damon. **Материалы и методы.** Процедуры по расширению верхней челюсти прошли семьдесят девять пациентов с последующим лечением или в сочетании с ним: Damon (n=23), PAOO (n=28) и MARPE (n=28). Выполнены сравнения девяти параметров верхней зубной дуги до лечения, после лечения, а также при изменении плана лечения. Измерения проводили на моделях зубов в формате STL (STL-модели) с использованием программного обеспечения 3D-сканера 3Shape Ortho Analyser. **Результаты.** Во всех группах показано значимое увеличение ширины боковой группы в области моляров. Среднее увеличение межмолярного расстояния более чем в 8 раз эффективнее в группе MARPE по сравнению с группой Damon и более чем в 4 раза эффективнее, чем в группе PAOO. В группе MARPE выявлено значимое увеличение ширины между молярами и площади небного свода. **Выводы.** Во всех группах показано значимое увеличение ширины в области клыков и моляров. В группе MARPE показано наибольшее увеличение ширины между молярами, затем следуют PAOO и Damon. Значимое увеличение площади небного свода выявлено только в группе MARPE.

## 1. Введение

Поперечное сужение верхней челюсти - часто встречающаяся проблема у пациентов, обращающихся за ортодонтическим лечением. Примерно у 9% населения США выявляют поперечное сужение верхней челюсти, сопровождающееся перекрестным прикусом в боковых отделах [1]. Поперечное сужение верхней челюсти представляет собой скелетное сужение и может также приводить к изменению и влиять на сагиттальные и окклюзионные параметры, такие как протрузия и скученность зубов. Таким образом, лечение поперечного сужения необходимо для исправления нарушения формы зубной дуги, особенно при невозможности проведения удалений [2].

Традиционное быстрое небное расширение (RPE, rapid palatal expansion) использовалось в качестве проверенного метода лечения поперечного сужения верхней челюсти у детей препубертатного возраста. Однако, в постпубертатном возрасте эффективность такого метода лечения снижается из-за минимального воздействия на уже окостеневшие лицевые швы скелета [3]. Для взрослых пациентов, вследствие отсутствия скелетного расширения и

риска повреждения пародонта, золотым стандартом при лечении поперечного сужения верхней челюсти считается метод небного расширения с предварительным хирургическим вмешательством (SARPE, surgically assisted rapid palatal expansion) [4]. Однако SARPE является инвазивной процедурой, поэтому затраты, риски и частота осложнений заставляет пациентов и ортодонтот отказываться от такого хирургического вмешательства [5].

В последнее время внимание уделяется менее инвазивным процедурам расширения. Возможность устранения серьезного нарушения прикуса без хирургического вмешательства - это огромное преимущество для пациента и ортодонта [6]. Lee и др. [7] представили метод быстрого небного расширения с помощью минивинтов (MARPE), где минивинты используются в сочетании с аппаратурой для расширения, и продемонстрировали успешное раскрытие срединного небного шва. Несмотря на высокий уровень успеха метода MARPE, при лечении взрослых пациентов могут возникнуть трудности с раскрытием окостеневших лицевых швов и срединного небного шва, даже с применением кортикальной временной опоры [8].

Wilcko и др. [9] представили метод пародонтальной

ускоренной остеогенной ортодонтии (РАОО), включающий декортикацию альвеол с наращиванием перемещения зубов на 200–300% в большинстве измерений, но также ускоряет перемещение зубов благодаря феномену регионального ускорения (RAP, Regional Acceleratory Phenomenon). [10]. Ferguson и др. [10] продемонстрировали увеличение расстояния до 7 мм между клыками только за счет использования дуг после вестибулярной и лингвальной кортикотомии и наращивания костного трансплантата, расширяющегося вперед между двумя первыми молярами верхней челюсти.

Традиционно считалось, что после завершения развития скелета одним только ортодонтическим лечением невозможно обеспечить существенное и стабильное расширение верхней челюсти при сужении более 5 мм [11]. Birnie [12], однако, утверждал, что система Damon, представляющая собой пассивную самолгирующую систему, способна расширять боковые отделы без необходимости использования вспомогательной аппаратуры, такой как RPE. Философия Damon подразумевает, что слабые силы не подавляют мускулатуру и пародонт, а скорее выравнивают форму зубной дуги за счет меньшего сопротивления мышц и, как следствие, расширения боковых отделов.

На сегодняшний день не проводилось изучения результатов лечения расширением с помощью Damon, MARPE и РАОО. Целью данного исследования было изучение параметров зубных дуг и пародонтальных изменений до и после лечения с применением различных методов: аппарата для быстрого небного расширения на минивинтах (MARPE), пародонтальной ускоренной остеогенной ортодонтии (РАОО) и самолгирующих брекетов Damon. Согласно нулевой гипотезе, значимые различия в пародонтальных изменениях при использовании самолгирующих брекетов Damon без удалений по сравнению с лечением с применением РАОО и MARPE отсутствуют.

## 2. Материалы и методы

**2.1. Объект исследования.** В данном ретроспективном когортном исследовании оценивались STL-модели взрослых пациентов до и после лечения путем расширения верхней челюсти с использованием трех различных методов ортодонтического лечения. Критерии включения были следующими: (1) поперечное скелетное несоответствие от умеренной до тяжелой степени (5 мм и более); (2) пациенты старше 16 лет; (3) наличие перекрестного прикуса в боковом отделе с одной или с обеих сторон; (4) наличие слепков, сделанных до и после лечения; (5) наличие всех зубов перед первыми молярами включительно; и (6) ортодонтическое лечение без удаления. Критерии исключения были следующими: (1) прохождение ортодонтического лечения ранее, (2) врожденные черепно-лицевые аномалии и (3) прием любых лекарственных средств, которые могут повлиять на плотность костной ткани.

**2.2. Характеристика исследуемых групп.** Всего критериям соответствовали 79 пациентов: Damon (n=23), MARPE (n=28) и РАОО (n=28). Согласно литературным данным в области ортодонтии, при выборке примерно 26 человек в каждой группе, исследование имело мощность не менее 80% для обнаружения различия средних значений со стандартным отклонением 1,25 между группами [13].

**2.2.1. Damon.** Расширение верхней челюсти осуществляли

только с помощью дуг, следуя философии лечения Damon - использование брекетов Damon и широких дуг Damon из сплава Cu-NiTi. Все пациенты закончили лечение на дугах размером .019x.025 из титан-молибденового сплава (ТМА) или из нержавеющей стали. 23 пациента, составившие выборку Damon настоящего исследования, проходили лечение в частной клинике в Мексике в период с 2015 по 2018 год.

**2.2.2. MARPE.** Четыре самонарезающих минивинта длиной 7 мм и диаметром 1,8 мм (ORLUS, Ortholution, Сеул, Корея) вводились в небо под местной анестезией. Минивинты размещали в центре, перпендикулярно направляющим диаметром 4 мм, прикрепленным к аппаратуре MARPE. Затем минивинты фиксировали к крючкам с помощью светоотверждаемого адгезива (Transbond, 3 M Unitek, Сент-Пол, Миннесота, США) для удержания вместе минивинтов и аппаратуры MARPE, а также для снижения раздражения языка. Аппаратуру MARPE активировали на четверть оборота (0,2 мм) каждые два дня, а процесс расширения останавливали, когда небные бугорки первых моляров верхней челюсти соприкасались с верхушками щечных бугорков первых моляров нижней челюсти. Использование аппаратуры MARPE продолжалось в течение 3 месяцев после прекращения активного расширения. Далее начинали ортодонтическое лечение с использованием техники прямой дуги Эджуайс и размером паза аппаратуры .022x.028 дюйма. 28 пациентов, составившие выборку MARPE настоящего исследования, проходили лечение поперечного сужения верхней челюсти в отделении ортодонтии стоматологической больницы Ёнсей, Сеул, Корея, в период с 2004 по 2010 г.

**2.2.3. РАОО.** Полнослойный лоскут с надкостницей загибали и проводили оценку как вертикальных, так и лингвальных альвеолярных кортикальных слоев верхней челюсти. Деминерализованный алофиллизированный костный аллотрансплантат (DFDBA) или бычий костный ксенотрансплантат использовали для увеличения участков кортикотомии. На лоскут накладывали швы, и далее пациент каждую вторую неделю проходил осмотр, включающий ортодонтическую коррекцию после хирургического вмешательства. Хирургическую процедуру проводили в течение одной недели после позиционирования брекетов, при этом установку и липирование дуг выполняли во время операции. Пациентам, получающим лечение с помощью РАОО, устанавливали аппаратуру техники прямой дуги Эджуайс размером .022x.028 дюйма до полного исправления неправильного прикуса. 28 пациентов, составившие выборку РАОО настоящего исследования, проходили лечение в частной практике Уильяма и Томаса Вилко (ортодонта и пародонтолога соответственно) в Эри, штат Пенсильвания, США

**2.3. Измерения.** Измерения для всех 79 пациентов проводили одинаковым способом на цифровых STL-моделях с использованием программного обеспечения 3D-сканера 3Shape Ortho Analyser (3Shape, Копенгаген, Дания). Эффективность программного обеспечения 3Shape Ortho Analyser (3Shape, Копенгаген, Дания) была продемонстрирована ранее [14].

**2.3.1. Ширина зубной дуги.** Поперечную ширину дуги верхней челюсти определяли на уровне клыков и первых моляров. Измерение ширины между клыками осуществляли от верхушки до верхушки бугра. Для первых моляров

осуществляли измерение BioMed Research International от мезио-лингвальной фиссуры десневого края до контралатерального зуба [15].

**2.3.2. Периметр зубной дуги.** Периметр зубной дуги измеряли в трех сегментах в каждом квадранте, начиная с мезиальной поверхности первых моляров до мезиальной поверхности первых премоляров, затем от мезиальной поверхности первых премоляров до мезиальной поверхности клыков и, наконец, от мезиальной поверхности клыков до мезиальной точки контакта центральных резцов. Периметр зубной дуги рассчитывали путем сложения измерений шести сегментов каждой зубной дуги [16, 17] (рис. 1).

**2.3.3. Глубина зубной дуги.** Глубину зубной дуги определяли путем измерения перпендикулярной линии, построенной от точки мезиального контакта центральных резцов до линии, соединяющей мезиальные области первых моляров. Мезиальную точку контакта центральных резцов определяли, как середину между мезиальными точками центральных резцов [16, 17] (рис. 1).

**2.3.4. Клиническая высота коронки.** Клиническую высоту коронки определяли путем измерения расстояния от наиболее окклюзионной точки щечной фиссуры до десневого края непосредственно ниже щечной фиссуры. Это позволяет проводить непрямые измерения изменения прикрепления десны с щечной стороны до начала и после окончания лечения [13] (рис. 2(a)).

**2.3.5. Высота неба.** Модель разделяли по плоскости щечной фиссуры первых моляров. Линию опускали до небного уровня и производили замер высоты (рис. 2(b)).

**2.3.6. Ангуляция моляров.** Ангуляцию моляров определяли измерением угла пересечения линий, проведенных по касательной к мезио-вестибулярной и мезио-небной вершинам бугорков первых моляров верхней челюсти. Различия ангуляции до и после лечения указывают на степень наклона моляров во время лечения [18] (рис. 2(c)).

**2.3.7. Область небного свода.** Область небного свода определяли как область выше небного края первых моляров верхней челюсти [13, 19]. (рис. 2(d)).

**2.4. Статистический анализ.** В настоящем исследовании с целью проверки точности измерений и цифрового анализа, проводили случайным образом выбор 10 зубных моделей верхней челюсти и измеряли дважды одним оператором (внутриоператорская надежность), а затем вторым оператором (межоператорская надежность). Измерения проводились вслепую. Для определения внутриоператорских и межоператорских систематических ошибок использовались парные t-критерии. Собранные данные записывали в файл формата Microsoft Excel и загружали в программное обеспечение SPSS (версия 20; IBM, Армонк, Нью-Йорк) для анализа данных.

Тест Шапиро-Уилка показал нормальное распределение данных, поэтому для статистической обработки применяли параметрические критерии. Статистическую значимость различия средних значений между измерениями до и после лечения (приращение изменений) в каждой группе оценивали с использованием парных t-критериев. Различия средних значений между тремя группами оценивали методом дисперсионного анализа (ANOVA) в сочетании с апостериорным тестом Шеффе. Различия считали статистически значимыми при  $P \leq 0.05$ .

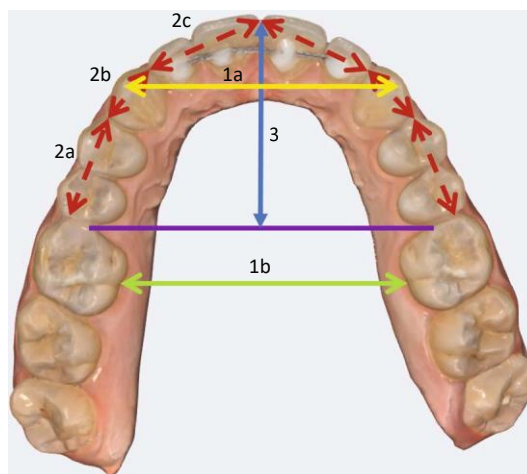


Рисунок 1. Линейные измерения параметров верхней зубной дуги: (1a) ширина между клыками от верхушки до верхушки бугра; (1b) ширина между молярами от мезио-лингвальной фиссуры у десневого края; (2) периметр зубной дуги; и (3) глубина зубной дуги.

### 3. Результаты

Доказано, что использованная в исследовании методика измерения была надежной; повторные измерения на 10 случайно выбранных слепках не выявили существенных различий во внутри- или межоператорских оценках.

На момент начала лечения все три группы пациентов были неоднородными по этнической принадлежности, возрасту и соотношению мужчин и женщин. Средний возраст в группе PAOO (31,7 года) был значительно выше, чем в группе MARPE (20,9 лет  $P \leq .001$ ). Продолжительность активного ортодонтического лечения была значимо короче в группе PAOO (8,6 месяцев,  $P \leq .001$ ), чем в группах MARPE и Damon (24,1 и 16,0 месяцев соответственно). Большую часть групп Damon и PAOO составляли женщины (64% и 68% соответственно) по сравнению с группой MARPE (32%,  $P = .19$ ) (табл. 1).

Неоднородные ( $P \leq .05$ ) значения, измеренные до начала лечения включают: ширину между клыками, ширину между молярами и высоту клинических коронок слева. До лечения ширина между клыками была меньше в группе PAOO (33,2 мм) по сравнению с группой Damon (36,1 мм,  $P \leq .001$ ), а ширина между молярами была меньше в группе PAOO (33,3 мм,  $P \leq .01$ ) по сравнению с группами Damon (36,5 мм) и MARPE (36,4 мм). Высота клинической коронки левого первого моляра (СЧ) была меньше в группе PAOO (4,8 мм) по сравнению с группой MARPE (5,7 мм,  $P \leq .01$ ) (табл. 2). Для трех параметров, значимо отличавшихся до начала лечения, сравнивали только приращение изменения лечения в трех исследуемых группах. Остальные шесть значений зубной дуги с однородными средними значениями до лечения сравнивали со значениями после лечения в дополнение к сравнению результата лечения (приращению изменения).

#### 3.1. Сопоставление результатов лечения между группами.

В сравнении с исходными значениями, однородными до начала лечения, периметр зубной дуги после лечения был значимо больше в группе MARPE (75,2 мм), чем в группе PAOO (72,5 мм,  $P \leq .05$ ). Глубина зубной дуги была

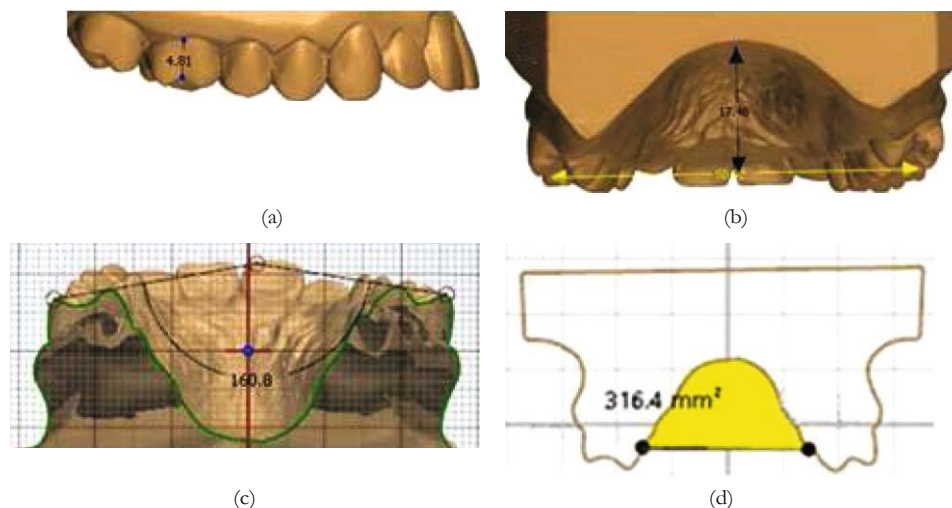


Рисунок 2: Измерение размеров первого моляра верхней челюсти и неба. (а) Высоту коронки первого моляра измеряли от наиболее окклюзионной точки щечной фиссуры до десневого края десны ниже щечной фиссуры; (b) высоту неба измеряли на уровне щечной фиссуры первых моляров по линии, доходящей до неба; (c) ангуляцию первых моляров определяли измерением угла пересечения линий, проведенных по касательной к мезио-вестибулярным и мезио-небным вершинам бугорков первых моляров верхней челюсти; и (d) площадь небного свода измеряли от небного уровня десны первых моляров.

Таблица 1: Демографические данные пациентов трех групп

исследования, включая размер выборки, средний возраст (годы), пол (число и процент доли в группе) и продолжительность активного ортодонтического лечения (месяцы). Значимые различия ( $*P \leq 0.05$ ) выявлены по возрасту в группе РАОО, соотношению мужчин и женщин в группе MARPE и продолжительности активного лечения в группе РАОО.

Параметр	Damon	MARPE	РАОО
Размер группы	23	28	28
Средний возраст (лет)	25.6	20.9	31.7*
Пол			
Мужчины	8 (35%)	19 (68%)*	9 (32%)
Женщины	15 (65%)	9 (32%)*	19 (68%)
Продолжительность лечения (мес.)	16:0± 2:0	24:1± 9:3	8:6± 3:2*

меньше в группе MARPE (25,7 мм,  $P \leq 0.05$ ), чем в группах Damon (27,1 мм) и РАОО (27,0 мм). После лечения высота клинической коронки правого первого моляра была увеличена в группе MARPE по сравнению с группой РАОО (5,8 vs 5,0 мм,  $P = 0.01$ ). Площадь небного свода была значимо меньше в группе РАОО (287,6,  $P \leq 0.05$ ), чем в группах Damon и MARPE (335,5 и 343,1 соответственно). Значимых различий по высоте небного свода и ангуляции моляров между группами не выявлено (табл. 3).

**3.2. Сопоставление результатов лечения между группами (приращение изменений).** В сравнении с исходными значениями, неоднородными до начала лечения, наименьшее изменение ширины между клыками после лечения показано в группе Damon (1,4 мм) по сравнению с группами MARPE (2,3 мм,  $P = 0.04$ ) и РАОО (3,0 мм,  $P \leq 0.001$ ). Наибольшее увеличение ширины между молярами показано в группе MARPE (4,2 мм) по сравнению с группами РАОО и Damon (1 и 0,5 мм соответственно,  $P \leq 0.001$ ) (табл. 4).

### 3.3. Сопоставление результатов лечения внутри групп.

Ширина между клыками и молярами значимо увеличилась после лечения во всех группах ( $P \leq 0.001$ ). Периметр зубной дуги значимо увеличился только в группах MARPE и РАОО ( $P \leq 0.001$ ). В группе MARPE значимо увеличилась клиническая высота коронки правого первого моляра. Высота небного свода в группе MARPE значительно уменьшилась, а площадь небного свода при использовании аппаратуры MARPE значимо увеличилась. В группе РАОО выявлено значимое увеличение ангуляции первых моляров (табл. 5).

## 4. Обсуждение

Три сравниваемые группы были неоднородны по этнической принадлежности, возрасту и соотношению мужчин и женщин, а также по общей продолжительности лечения. Группа MARPE была значительно моложе, средний возраст составил 20,9 лет, что, по-видимому, соответствует идеальному возрасту для использования MARPE, т.е. после закрытия небного шва, но до его созревания [20]. Лечение с использованием РАОО длилось 9 месяцев, что предположительно связано с феноменом регионального ускорения (RAP) [8, 10, 21, 22]. Лечение с использованием Damon завершилось за 16 месяцев, что быстрее по сравнению с 24 месяцами лечения MARPE. Длительность лечения аппаратурой MARPE могла увеличиваться за счет двухэтапного плана лечения, при котором на первом этапе использовалась сама аппаратура MARPE, а на втором этапе использовалась традиционная несъемная аппаратура. Кроме того, лечение пациентов группы MARPE проходило в условиях исследовательского центра, в отличие от пациентов других групп, получавших лечение в частном порядке, что, возможно, также повлияло на увеличение продолжительности лечения. Таким образом, нельзя объяснить данные различия как исключительно неоднородностью выборки, так и разными планами лечения, специфичными для конкретного врача. До начала лечения зубные дуги различались также по трем параметрам:

Таблица 2: Неоднородные значения верхней зубной дуги до начала лечения в трех исследуемых группах. Для образца РАОО показаны значимое (\*) уменьшение ( $P \leq .006$ ) средних показателей ширины между клыками и молярами до лечения, а также клинической высоты коронки левого первого моляра (ССН).

	Damon	Исходное среднее значение			Значение $P$	
		MARPE	РАОО	D-M	D-P	M-P
Расстояние между клыками	36.1	34.6	33.2	NS	$\leq .001^*$	NS
Расстояние между молярами	36.5	36.4	33.3	NS	$\leq .01^*$	$\leq .01^*$
ССН слева	5.2	5.7	4.8	NS	NS	$\leq .01^*$

Таблица 3: Сравнение параметров в трех исследуемых группах после лечения, где параметры были однородными до начала лечения.

	Damon	Среднее значение MARPE		D-M	Значение $P$	
		после лечения	РАОО		D-P	M-P
Периметр дуги	74.5	75.2	72.5	NS	NS	$\leq .05^*$
Глубина дуги	27.1	25.7	27	$\leq .05^*$	NS	$\leq .01^*$
ССН справа	5.3	5.8	5	NS	NS	$\leq .01^*$
Высота небного свода	18.6	18.4	17.1	NS	NS	NS
Площадь небного свода	335.5	343.1	287.6	NS	$\leq .05^*$	$\leq .01^*$
Ангуляция моляров	158	162	160.4	NS	NS	NS

Таблица 4: Межгрупповое сравнение средних приращений изменений в ходе лечения по параметрам, которые до лечения были неоднородными.

	Разница между переменными до и после лечения								
	Damon	MARPE	РАОО	D-M		D-P		M-P	
				Средняя разница	Значение $P$	Средняя разница	Значение $P$	Средняя разница	Значение $P$
Расстояние между клыками	1.4	2.3	2.8	-0.9	$\leq .05$	-1.4	$\leq .01$	-0.5	NS
Расстояние между молярами	0.5	4.2	1.0	-3.6	$\leq .01$	-0.5	NS	3.2	$\leq .01$

Таблица 5. Парные t-критерии, демонстрирующие изменения внутри группы до и после лечения.

	Damon $n = 23$ (8 м.; 15 ж.)			MARPE $n = 28$ (19 м.; 9 ж.)			РАОО $n = 28$ (9 м.; 19 ж.)		
	Среднее изменение	SD	Значение $P$	Среднее изменение	SD	Значение $P$	Среднее изменение	SD	Значение $P$
Расстояние между клыками	1.4	1.66	$\leq .001^*$	2.3	1.21	$\leq .001^*$	3.0	0.76	$\leq .001^*$
Расстояние между молярами	0.5	1.21	.048*	4.2	1.87	$\leq .001^*$	1.0	0.72	$\leq .001^*$
Периметр дуги	1.6	4.38	NS	2.5	2.55	$\leq .001^*$	1.2	1.53	$\leq .001^*$
Глубина дуги	0.4	2.16	NS	-0.1	2.05	NS	0.3	2.25	NS
ССН справа	0.2	0.60	NS	0.3	0.51	.003*	-0.1	0.90	NS
ССН слева	0.0	0.49	NS	0.2	0.43	NS	-0.1	0.63	NS
Высота небного свода	0.4	1.20	NS	-0.5	1.18	.025*	-0.2	-0.91	NS
Площадь небного свода	12.9	30.6	NS	19.8	35.36	.006*	-6.8	18.26	NS
Ангуляция моляров	-3.9	9.34	NS	-1.9	8.97	NS	2.5	6.14	.040*

по высоте левой клинической коронки и ширине между клыками и молярами. Использование статистически однородных исходных данных оказалось наиболее оптимальным дизайном исследования. В силу того, что указанные три параметра значимо отличались до начала лечения, после лечения средние значения этих трех

параметров между группами не сравнивали. Однако, были выполнены статистические сравнения по остальным шести параметрам зубной дуги верхней челюсти между тремя группами.

В соответствии с данными, полученными после лечения, использование MARPE оказало большее влияние на

периметр зубной дуги по сравнению с РАОО, в результате чего периметр дуги в группе MARPE был на 2,7 мм больше, чем в группе РАОО. При этом глубина зубной дуги после лечения была меньше в группе MARPE (25,7 мм), чем в группах Damon (27,1 мм) и РАОО (27,0 мм). Оба полученных результата, вероятно, можно объяснить тем, что увеличение ширины между молярами в среднем на 4,5 мм с помощью MARPE привело к значительному расширению исходно длинных и узких зубных дуг, что нормализовало форму зубной дуги и уменьшило ее глубину после закрытия промежутков. В группах Damon и РАОО расширение, по всей видимости, оказалось недостаточным для значительного изменения формы дуги и, следовательно, ее глубины.

Площадь небного свода после лечения была значимо меньше в группе РАОО (287,6) по сравнению с группами Damon и MARPE (335,5 и 343,1 соответственно). Такой результат объясняется добавлением пациентам группы РАОО в ходе хирургического вмешательства костного трансплантата, размещенного в небном направлении, что уменьшало небную область на уровне первых моляров. По окончании лечения высота клинической коронки правого первого моляра была больше в группе MARPE, чем в группе РАОО (5,8 vs 5,0 мм). План лечения аппаратурой MARPE в настоящем исследовании включал использование колец на верхних первых молярах; поэтому расширение происходило с приложением определенных сил. Подобное силовое воздействие на верхние первые моляры могло вызвать нежелательные последствия для пародонта. В группе РАОО, с другой стороны, выявлено уменьшение клинической высоты коронки, связанное, возможно, с трансплантатом альвеолярной кости, расположенного лабиально, что сохраняет пародонт здоровым.

Приращенные изменениям исходно неоднородных значений показали, что расширение между клыками было значительно меньше в группе Damon (1,4 мм) по сравнению с MARPE (2,3 мм) и РАОО (2,8 мм), что также подтверждает результаты предыдущего исследования, где сравнивали традиционную аппаратуру RME и Damon [23]. Аналогично, расширение между молярами с помощью MARPE (4,3 мм) значимо превысило показатели Damon (0,5 мм) и РАОО (1,0 мм), т.е. расширение между молярами с помощью MARPE более чем в 8 раз эффективнее, чем при использовании Damon, и более чем в 4 раза эффективнее РАОО. Межмолярные изменения ясно показывают превосходство аппаратуры MARPE для разделения шва и скелетных расширений по сравнению с Damon и РАОО, где расширение ограничено воздействием дуги. При расширении с использованием дуги, судя по всему, ширина между клыками становится больше, чем между молярами, что может привести к уменьшению долгосрочной стабильности. Неожиданно, в группе РАОО выявлено немного большее расширение в области клыков по сравнению с группой MARPE.

Внутригрупповые результаты показывают, что глубина зубной дуги и высота клинической коронки слева значимо не изменились ни в одной из трех групп исследования. Во всех трех группах продемонстрировано значимое расширение между молярами и клыками. В группе Damon ни одно из семи оставшихся значений зубной дуги существенно не изменилось за время лечения. В группе MARPE периметр дуги увеличен (2,5 мм), высота неба значимо уменьшилась (-0,5 мм), но площадь небного свода увеличилась (19,8). Использование минивинтов, вероятно,

предотвратило экстремизацию первых моляров верхней челюсти, а расширение на 4,5 мм могло бы объяснить увеличение площади небного свода в области первых моляров верхней челюсти. Периметр дуги также увеличился в группе РАОО (1,2 мм), при этом увеличение ангуляции моляров на 2,5 градуса позволяет предположить, что расширение моляров с помощью дуг привело к небольшому щечному наклону коронок первых моляров. Все внутригрупповые статистически значимые изменения также превышали клинически значимые нормативы, за исключением расширения расстояния между первыми молярами при использовании системы брекетов Damon, которое не было клинически значимым, и составило 0,5 мм.

**4.1. Ограничения.** Ретроспективный характер исследования и неоднородные группы означают, что результаты настоящего исследования следует интерпретировать с некоторой осторожностью. Образцы (модели слепков пациентов) Damon были получены из Мексики, образцы MARPE из Южной Кореи, а образцы РАОО из США. Все пациенты, получившие лечение методом расширения, проходили лечение с использованием техники прямой дуги с различными завершающими дугами и формами зубных дуг, что могло повлиять на определенные результаты. Кроме того, слепки были сделаны непосредственно после лечения, при этом воспаление и/или компрессия десны во время альгинатного оттиска могли повлиять на STL-модели. В ходе настоящего исследования осуществляли только оценку модели без проведения КЛКТ, следовательно, скелетные изменения не учитывались.

## 5. Выводы

- (i) Во всех группах показано значимое увеличение ширины в области клыков и моляров.
- (ii) В группе MARPE выявлено значимое расширение в боковых отделах (4,2 мм) по сравнению с группами РАОО (1 мм) и Damon (0,5 мм).
- (iii) В группах MARPE и РАОО продемонстрировано значимое расширение в области клыков (2,3 мм и 3 мм соответственно) по сравнению с группой Damon (1,4 мм)
- (iv) Только в группе MARPE выявлено значимое увеличение площади небного свода.

## Доступность данных

Данные, использованные и/или проанализированные в ходе настоящего исследования, доступны у соответствующего автора по обоснованному запросу.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Список литературы

- [1] J. A. Brunelle, M. Bhat, and J. A. Lipton, "Prevalence and distribution of selected occlusal characteristics in the US population, 1988-1991," *Journal of Dental Research*, vol. 75, 2\_suppl, pp. 706-713, 1996.
- [2] J. A. McNamara, "Maxillary transverse deficiency," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 117, no. 5, pp. 567-570, 2000.

- [3] A. J. Haas, "Palatal expansion: just the beginning of dentofacial orthopedics," *American Journal of Orthodontics*, vol. 57, no. 3, pp. 219–255, 1970.
- [4] M. J. Koudstaal, L. J. Poort, K. G. van der Wal, E. B. Wolvius, B. Prah-Andersen, and A. J. Schulten, "Surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME): a review of the literature," *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 34, no. 7, pp. 709–714, 2005.
- [5] C. Carlson, J. Sung, R. W. McComb, A. W. Machado, and W. Moon, "Microimplant-assisted rapid palatal expansion appliance to orthopedically correct transverse maxillary deficiency in an adult," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 149, no. 5, pp. 716–728, 2016.
- [6] W. M. Wilcko and M. T. Wilcko, "Accelerating tooth movement: the case for corticotomy-induced orthodontics," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 144, no. 1, pp. 4–12, 2013.
- [7] K. J. Lee, Y. C. Park, J. Y. Park, and W. S. Hwang, "Miniscrew assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 137, no. 6, pp. 830–839, 2010.
- [8] L. V. de Miranda, L. Capelozza-Filho, R. R. Almeida-Pedrin, F. P. Guedes, C. M. de Almeida, and A. C. de Castro Ferreira Conti, "Tomographic evaluation of the maturation stage of the midpalatal suture in postadolescents," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 153, no. 6, pp. 818–824, 2018.
- [9] W. M. Wilcko, M. T. Wilcko, J. E. Bouquot, and D. J. Ferguson, "Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding," *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, vol. 21, no. 1, pp. 9–19, 2001.
- [10] D. J. Ferguson, M. T. Wilcko, W. M. Wilcko, and L. Makki, "Scope of treatment with periodontally accelerated osteogenic orthodontics therapy," *Seminars in Orthodontics*, vol. 21, no. 3, pp. 176–186, 2015.
- [11] G. Swennen, H. Schliephake, R. Dempf, H. Schierle, and C. Malevez, "Craniofacial distraction osteogenesis: a review of the literature. Part I: clinical studies," *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 30, no. 2, pp. 89–103, 2001.
- [12] D. Birnie, "The Damon passive self-ligating appliance system," *Seminars in Orthodontics*, vol. 14, no. 1, pp. 19–35, 2008.
- [13] C. S. Handelman, L. Wang, E. A. BeGole, and A. J. Haas, "Nonsurgical rapid maxillary expansion in adults: report on 47 cases using the Haas expander," *The Angle Orthodontist*, vol. 70, no. 2, pp. 129–144, 2000.
- [14] L. S. Lemos, M. C. R. Rebelo, C. J. Vogel, and M. C. Barbosa, "Reliability of measurements made on scanned cast models using the 3Shape R700 scanner," *Dento Maxillo Facial Radiology*, vol. 44, no. 6, p. 20140337, 2015.
- [15] E. W. Brust and J. A. McNamara, "Arch dimensional changes concurrent with expansion in mixed dentition patients," in *Orthodontic Treatment: Outcome and Effectiveness*, C. A. Trotman and J. A. McNamara Jr., Eds., vol. 30 of Craniofacial Growth Series, Center for Human Growth and Development, University of Michigan, Ann Arbor, 1995.
- [16] J. A. McNamara Jr., T. Baccetti, L. Franchi, and T. A. Herberger, "Rapid maxillary expansion followed by fixed appliances: a long-term evaluation of changes in arch dimensions," *The Angle Orthodontist*, vol. 73, no. 4, pp. 344–353, 2003.
- [17] G. A. Carter and J. A. J. McNamara, "Longitudinal dental arch changes in adults," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 114, no. 1, pp. 88–99, 1998.
- [18] R. G. Geran, J. A. McNamara, T. Baccetti, L. Franchi, and L. M. Shapiro, "A prospective long-term study on the effects of rapid maxillary expansion in the early mixed dentition," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 129, no. 5, pp. 631–640, 2006.
- [19] M. Bizzarro, C. Generali, S. Maietta et al., "Association between 3D palatal morphology and upper arch dimensions in buccally displaced maxillary canines early in mixed dentition," *European Journal of Orthodontics*, vol. 40, no. 6, pp. 592–596, 2018.
- [20] J. J. Park, Y. C. Park, K. J. Lee, J. Y. Cha, J. H. Tahk, and Y. J. Choi, "Skeletal and dentoalveolar changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults: a cone-beam computed tomography study," *Korean Journal of Orthodontics*, vol. 47, no. 2, pp. 77–86, 2017.
- [21] M. T. Wilcko, W. M. Wilcko, and N. F. Bissada, "An evidence-based analysis of periodontally accelerated orthodontic and osteogenic techniques: a synthesis of scientific perspectives," *Seminars in Orthodontics*, vol. 14, no. 4, pp. 305–316, 2008.
- [22] D. Ferguson, A. Nazarov, L. Makki, M. Wilcko, and W. Wilcko, "Posttreatment and retention outcomes with and without periodontally accelerated osteogenic orthodontics assessed using ABO objective grading system," *APOS Trends in Orthodontics*, vol. 6, no. 4, p. 194, 2016.
- [23] Y. L. Yu, G. H. Tang, F. F. Gong, L. L. Chen, and Y. F. Qian, "A comparison of rapid palatal expansion and Damon appliance on non-extraction correction of dental crowding," *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*, vol. 17, no. 3, pp. 237–242, 2008.