

Быстрое нёбное расширение: анатомо-биомеханические аспекты и критерии выбора метода лечения (обзор литературы)

А.А. Саунина¹, Н.А. Соколович¹, Д.А. Кузьмина¹, И.К. Солдатов^{1,2}, А.А. Поленс³

¹Санкт-Петербургский государственный университет

²Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

³Стоматологическая поликлиника № 16, Санкт-Петербург

Rapid palatal expansion: anatomical and biomechanical aspects and treatment selection criteria (review)

A. Saunina¹, N. Sokolovich¹, D. Kuzmina¹, I. Soldatov^{1,2}, A. Polens³

¹St. Petersburg State University

²S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg

³Dental clinic No 16, St. Petersburg

© Коллектив авторов, 2026 г.

Резюме

В статье рассматривается быстрое нёбное расширение (БНР) как скелетный метод коррекции трансверзальных несоответствий верхней челюсти путем раскрытия срединного нёбного шва. Описаны исторические аспекты применения методики, начиная с работ Е.Н. Angell и А.Ж. Haas, а также морфологические изменения шва в зависимости от возраста, включая стадии его оссификации. Подчеркивается, что хронологический возраст не является определяющим фактором успеха лечения; более надежным критерием служит степень созревания срединного нёбного шва, оцениваемая по данным конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) согласно классификации F. Angelieri. Детально рассмотрены механизм действия БНР, включая процессы остеогенеза и ремоделирования костной ткани в ответ на distraction, а также показания, противопоказания и факторы, влияющие на результат лечения. Отдельное внимание уделено эффективности метода у пациентов разного возраста, включая возможность скелетного расширения у взрослых при использовании микроимплантатов. **Заключение.** Определение стадии созревания срединного нёбного шва по КЛКТ является ключевым фактором прогнозирования скелетного ответа на быстрое

нёбное расширение, тогда как у пациентов со зрелым швом (стадии D и E) предпочтительнее хирургические методы коррекции.

Ключевые слова: быстрое нёбное расширение, срединный нёбный шов, конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ), скелетное расширение

Summary

This article presents rapid palatal expansion (RPE) as a skeletal method for correcting transverse discrepancies of the maxilla by opening the midpalatal suture. The historical aspects of the technique, starting from the works of Angell and Haas, as well as morphological changes of the suture depending on age, including the stages of its ossification, are described. It is emphasized that chronological age is not a determining factor for treatment success; a more reliable criterion is the degree of midpalatal suture maturation, assessed using cone-beam computed tomography (CBCT) according to the F. Angelieri classification. The mechanism of RPE action, including the processes of osteogenesis and bone remodeling in response to distraction, as well as indications, contraindications, and factors influencing treatment outcomes, are discussed in detail. Special attention is paid to the effectiveness of the method

in patients of different ages, including the possibility of skeletal expansion in adults using miniscrews.

Conclusion. Determining the stage of midpalatal suture maturation using CBCT is a key factor in predicting the skeletal response to rapid palatal expansion, whereas in

patients with a mature suture (stages D and E), surgical correction methods are preferable.

Keywords: rapid palatal expansion, midpalatal suture, cone-beam computed tomography (CBCT), skeletal expansion

Введение

Быстрое нёбное расширение — скелетный тип расширения верхней челюсти, происходящий в результате раскрытия срединного нёбного шва и смещения верхнечелюстных отростков относительно друг друга.

Клинически данный нехирургический способ расширения верхней челюсти был впервые применен Е.Н. Angell в 1860 г. у 14-летней девочки с целью устранения трансверзальных несоответствий [1]. Спустя столетие после первой публикации успешного применения быстрого нёбного расширения A.J. Naas продемонстрировал эффективность данной методики сначала в экспериментах на животных, затем в клинической практике. Расширение осуществлялось путем активации винта на 0,5 мм в день (0,25 мм утром и 0,25 мм вечером) в течение 3 нед с последующей ретенционной фазой, которая продолжалась 3 мес. В результате проведенного лечения выявлено значительное расширение верхней челюсти и дна полости носа [2–4].

Установлено, что во время быстрого нёбного расширения происходит раскрытие не только срединного нёбного шва, но и соединения между премаксиллой и верхней челюстью [5], лобно-носового, межчелюстного, скуловерхнечелюстного швов (приблизительно на 1,54 мм) [6].

B. Melsen (1975) анализировал морфологическое строение срединного нёбного шва в разные возрастные периоды (0–18 лет) и выделили три основные формы:

- первая стадия (младенчество) — короткий, широкий нёбный шов Y-образной формы;
- предпубертатный период — волнообразная форма (Т-образная форма);
- постпубертатный период — сложное извилистое строение [7].

Биологический ответ срединного нёбного шва, костных структур и зубов на нёбное расширение зависит от возраста пациента. Согласно данным A.J. Naas и соавт. (1980), закрытие срединного нёбного шва наблюдается в 14–15 лет у девушек и в 15–16 лет у юношей [4]. Считается, что расширение на скелетном уровне возможно в более младшем возрасте. У пациентов старше данных возрастных групп следует с большей вероятностью ожидать зубо-альвеолярное расширение. Следовательно, возраст является определяющим фактором при проведении быстрого нёбного расширения.

Однако в исследовании Н. Korbmacher и соавт. (2007) установлено, что у взрослых пациентов может отсутствовать сращение нёбного шва, а следовательно возраст не является определяющим фактором при проведении быстрого нёбного расширения [8]. Так, у пожилых людей может отсутствовать облитерация срединного нёбного шва. При этом полностью закрытый срединный нёбный шов может наблюдаться у лиц молодого возраста [9]. Следовательно, дети одинакового возраста могут иметь совершенно разный уровень созревания срединного нёбного шва [10].

В возрасте 25 лет лишь 5% швов оссифицированы. При этом степень облитерации нёбного шва больше выражена в заднем отделе, чем в переднем. Наиболее поздняя оссификация наблюдается в области резцового отверстия, что важно знать при планировании хирургических операций по раскрытию нёбного шва [11]. В исследовании A. Gueutier и соавт. (2016) было установлено, что полной облитерации нёбного шва не существует вследствие постоянного воздействия высоких функциональных нагрузок (в том числе во время жевания), которые разрушают костные перемычки [12].

Таким образом, степень созревания срединного нёбного шва является более надежным параметром, чем хронологический возраст пациента. Существует несколько методов оценки степени созревания срединного нёбного шва. Первый метод — оценка морфологии нёбного шва по окклюзионной рентгенографии. Однако данная методика имеет ряд недостатков, в том числе наложение близлежащих структур. Более точным методом является компьютерная томография, которая была впервые использована в исследовании по оценке трансверзальных параметров верхней челюсти D.J. Timms в 1982 г. [13]. Несколько исследований продемонстрировали высокую точность конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) в целях проведения качественного и количественного анализов быстрого нёбного расширения [14–16].

В 2013 г. F. Angelieri и соавт. был предложен метод оценки степени созревания срединного нёбного шва на основании КЛКТ. Согласно данному исследованию, выделяют следующие стадии созревания срединного нёбного шва (рис. 1):

Стадия А: срединный нёбный шов в виде прямой линии высокой плотности без интердигитаций (разобщения).

Стадия В: срединный нёбный шов имеет неправильную форму в виде зубчатой линии с высокой плотностью. В некоторых областях можно выявить две параллельные зубчатые линии высокой плотности, расположенные близко друг к другу.

Стадия С: срединный шов представлен двумя параллельными зубчатыми линиями высокой плотности, которые расположены близко друг к другу и разделены небольшими пространствами низкой плотности в верхнечелюстной и нёбной костях.

Стадия D: сращение срединного нёбного шва только в области нёбной части: шов не визуализируется в области нёба, но еще визуализируется в области верхней челюсти.

Стадия E: сращение срединного нёбного шва на всем протяжении — между нёбными и верхнечелюстными структурами. Плотность костной ткани в области шва такая же, как и в прилежащей части — шов не является на КЛКТ [10].

Стадии оссификации срединного нёбного шва соответствуют стадиям скелетного роста, определяемым по состоянию фаланг пальцев по рентгенограмме кисти руки и шейных позвонков по боковой телерентгенограмме или компьютерной томограмме. T. Baccetti и L. Franchi в 2002 г. представили классификацию стадий созревания шейных позвонков (рис. 2):

CVMS I (начальная) — определяются плоские границы тел всех шейных позвонков, возможна небольшая вогнутость второго (C_{II}) шейного позвонка. Тела третьего (C_{III}) и четвертого (C_{IV}) шейных позвонков трапецевидной формы. Прогнозирование пика роста не ранее, чем через год.

CVMS II (ускорение) — формирование вогнутости на нижней границе C_{II} и C_{III} , сохранение плоской нижней границы C_{IV} . Увеличение размеров шейных позвонков в вертикальной плоскости. Тела C_{III} и C_{IV} трапецевидной или прямоугольной формы. Пик роста следует ожидать через один год.

CVMS III (переходная) — четкая вогнутость на нижней границе на C_{II} и C_{III} , начинает выгибаться нижняя граница C_{IV} . Тела C_{III} и C_{IV} прямоугольной формы. Наиболее активный период роста.

CVMS IV (замедление) — отчетливо видны вогнутости на нижних границах C_{II} , C_{III} и C_{IV} . Форма тел C_{III} и C_{IV} квадратная, все остальные шейные позвонки прямоугольные.

CVMS V (созревание) — ярко выражены вогнутости на нижних границах C_{II} , C_{III} и C_{IV} . Пространства между позвонками уменьшаются. Тела C_{III} и C_{IV} прямоугольной формы, остальные позвонки квадратные. Пик роста произошел примерно два года назад [17].

При этом согласно F. Angelieri (2013) стадии A, B и C соответствуют препубертатным стадиям роста CVMSI, CVMSII и CVMSIII. В свою очередь, стадии D и E соответствуют CVMSIV и CVMSV [10]. Следовательно, на стадиях A–C возможно скелетное аппаратное быстрое нёбное расширение. А на стадиях D и E предпочтение следует отдавать хирургическому расширению верхней челюсти, так как высока вероятность инклинации боковой группы зубов.

Важно, чтобы на этапе ортодонтической диагностики врач-ортодонт понимал, какой эффект в большей степени будет достигнут посредством быстрого нёбного расширения — зубоальвеолярный или скелет-

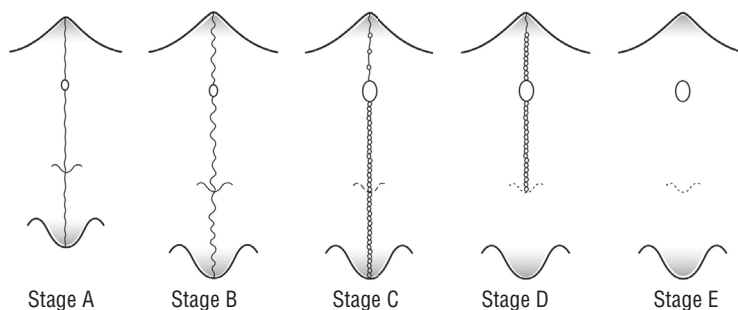


Рис. 1. Определение степени созревания срединного нёбного шва (Angelieri F. et al., 2013)

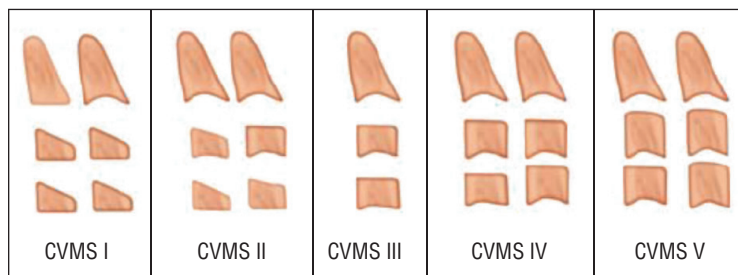


Рис. 2. Определение стадии созревания шейных позвонков (Baccetti T., Franchi L., 2002)

ный. Уровень созревания костных структур влияет на биологический ответ быстрого нёбного расширения. Тем не менее клинически у пациентов старше 25 лет нёбное расширение менее эффективно, несмотря на возможное отсутствие полной облитерации нёбного шва, что связано с увеличением ригидности верхней челюсти и окружающих её костных структур [18].

Во время быстрого нёбного расширения происходит разделение срединного нёбного шва с формированием пространства, которое заполняется тканевой жидкостью и кровью и в дальнейшем новообразованной костной тканью. Исследования эффективности данной манипуляции проводятся с использованием рентгенографических методов в двухмерных и трехмерных измерениях. Цель данных исследований — лучшее понимание процессов, лежащих в основе расширения срединного нёбного шва, для предотвращения развития рецидива. Так, R. Lione и соавт. (2013) продемонстрировали значительное снижение плотности срединного нёбного шва после активной фазы расширения с последующим ее увеличением после 6 мес ретенции [19].

Рентгенографические методы исследования позволяют определить наличие или отсутствие минерализованной костной ткани, но не отражают процессы клеточной активности, происходящие во время быстрого нёбного расширения. По этой причине необходимо проведение морфологических и гистологических исследований.

Непосредственным результатом приложения силы в результате поворота винта являются небольшие локализованные разрывы нёбного шва, которые заполняются экссудатом, эритроцитами, филаментами фибрина и коллагеновыми волокнами. В первые 12 ч после активации отмечается транзисторное повышение количества полиморфноядерных лейкоцитов. В последующие 24 ч происходит миграция в очаг повреждения макрофагов и фибробластов [11].

В исследовании A. Giuliani и соавт. (2018) было обнаружено, что быстрое нёбное расширение представляет собой результат комбинации процессов образования и ремоделирования костной ткани [20]. Формирование костной ткани неповрежденными остеобластами по краям шва начинается на 3–4-й день после активации аппарата. После 7 дней быстрого нёбного расширения определяются участки новообразованной губчатой костной ткани, трабекулы которой имеют хаотичное направление. Через 30 дней быстрого нёбного расширения образуется большее количество костных трабекул, которые ориентированы перпендикулярно длинной оси нёбного шва. Кроме того, на этом этапе отмечается высокая активность остеобластов, выявляются участки остеидного матрикса, подвергающегося активной минерализации. Таким образом, процессы остеорегенерации и ремоделирования продолжаются после 30 дней нёбного расширения и сохраняются в ретенционном периоде.

В зависимости от величины силы быстрого нёбного расширения возможно развитие кровоизлияния в области нёбного шва, что проявляется геморрагическими петехиями на слизистой оболочки нёба. Согласно данным Chang и соавт. (1997), формирование кровяного сгустка является определяющим фактором новообразования костной ткани за счет остеогенного потенциала превазкулярных клеток [21]. Так, установлено, что связанный с тромбином пептид ускоряет регенерацию костной ткани после дистракционного остеогенеза [22]. Кроме того, напряжение, возникающее в надкостнице в процессе расширения, инициирует дифференцировку периостальных клеток в остеогенные, что способствует остеогенезу [23].

Установлено, что в результате быстрого нёбного расширения ширина верхней челюсти увеличивается в среднем на 1,76–3,6 мм [24, 25]. В исследовании A. Weissheimer и соавт. (2011) выявлено, что быстрое нёбное расширение сопровождается более выраженными скелетными изменениями в переднем отделе (в области клыков — 4,0 мм), чем в заднем отделе (в области моляров — 2,88 мм) [26]. Таким образом, расширение по трансверзали имеет треугольную форму с основанием в области передней группы зубов. Более выраженное расширение в передней области связано с устойчивостью к перемещению медиальной и латеральной пластинок клиновидной кости во время быстрого нёбного расширения.

Клиновидная кость является главной опорой расширения верхней челюсти. Следовательно, для достижения более выраженного ортопедического воздействия на пластинки крыловидного отростка следует располагать винт аппарата как можно больше кзади, но не достигая нёбной кости [27]. Важно понимать, что раскрытие нёбного шва имеет пирамидоподобную конфигурацию с основанием в области дна полости носа и центром ротации — в области носолобного шва [28].

В начале быстрого нёбного расширения происходят преимущественно скелетные изменения, интенсивность которых постепенно уменьшается с увеличением продолжительности лечения. В свою очередь, перемещение зубов на начальных стадиях лечения менее выражено, но постепенно увеличивается с течением времени. При расширении на 10 мм за 2 нед 8 мм приходится на скелетные изменения и лишь 2 мм — на перемещение зубов. После 4 нед быстрого нёбного расширения скелетный и зубоальвеолярный компоненты расширения примерно одинаковы [29].

Существуют противоречивые данные эффективности быстрого нёбного расширения на скелетном и зубоальвеолярном уровнях. B.J. Garret и соавт. (2008) исследовали 30 пациентов с средним возрастом 13,8 года и установили, что расширение верхней челюсти реализуется главным образом за счет инклинации опорных моляров (49%), изгибания альвеолярного от-

ростка благодаря эластичности костной ткани (13%) и раскрытия срединного нёбного шва (38%) [30]. Как правило, скелетное расширение наблюдается в пределах 4 мм, так как большее раскрытие срединного нёбного шва приводит к компенсаторному увеличению инклинации опорных зубов [31].

В результате быстрого нёбного расширения вестибулярный наклон первых постоянных моляров увеличивается на $6,14\text{--}8,25^\circ$ [26]. Кроме того, отмечается в некоторой степени экструзия боковой группы зубов, в результате чего происходит ротация нижней челюсти против часовой стрелки [16].

В сменном прикусе быстрое нёбное расширение сопровождается компенсаторным увеличением межмолярного расстояния (+1,9 мм) и ангуляцией моляров нижней челюсти (+9°) [32]. Полученные данные связаны с окклюзионными изменениями, происходящими на фоне расширения верхней челюсти: результирующий вектор силы, действующий на моляры нижней челюсти, принимает более вестибулярное направление. Язычный бугор первого моляра верхней челюсти контактирует с щечным бугром первого моляра нижней челюсти. Кроме того, в результате латерального смещения верхнечелюстных отростков увеличивается область прикрепления щечной мускулатуры [33]. При этом с увеличением продолжительности лечения возрастает степень ангуляции моляров нижней челюсти.

В исследовании Т. Baccetti и соавт. (2005) было установлено, что быстрое нёбное расширение до пика роста позволяет достичь большего изменения трансверсальных параметров на скелетном уровне [34]. В послепиковом периоде в большей степени происходят изменения на зубоальвеолярном уровне. Однако в исследовании G. Sayar и соавт. (2019) не выявлено значительных различий в результатах расширения верхней челюсти в препиковом и постпиковом пубертатном периодах (произошло увеличение трансверсальных параметров на 2,91 и 2,92 мм соответственно) [35].

Тем не менее у взрослых пациентов предпочтение следует отдавать быстрому нёбному расширению с опорой на микроимплантаты для минимизации нежелательных дентоальвеолярных эффектов. В исследовании Zong и соавт. (2019) было установлено, что такой способ расширения сопровождается значительным увеличением трансверсальных параметров верхней челюсти (на $5,41\pm 2,1$ мм). При этом расширение на скелетном уровне достигает $59,23\pm 17,75\%$ и составляет $3,15\pm 1,64$ мм. Кроме того, наблюдается менее выраженный вестибулярный наклон моляров верхней челюсти (на $2,56\pm 2,64^\circ$) [27].

Заключение

Таким образом, быстрое нёбное расширение является эффективным методом коррекции трансверсальных несоответствий верхней челюсти, однако его результат — скелетный или зубоальвеолярный — критически зависит не от хронологического возраста пациента, а от индивидуальной степени созревания срединного нёбного шва, которую наиболее точно можно оценить с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии согласно классификации F. Angelieri (стадии А–Е). На стадиях А–С, соответствующих препубертатному периоду роста, возможно достижение преимущественно скелетного расширения за счет раскрытия швов, тогда как на стадиях D и E высок риск зубоальвеолярного эффекта с нежелательной инклинацией боковой группы зубов, что делает предпочтительным хирургический подход. У взрослых пациентов даже при отсутствии полной облитерации шва эффективность метода снижается из-за возрастающей ригидности лицевого скелета, но применение микроимплантатов позволяет минимизировать дентоальвеолярные побочные эффекты и добиться значимого скелетного расширения. Следовательно, персонализированный подход, основанный на определении стадии созревания срединного нёбного шва, является ключевым условием прогнозирования и достижения оптимального результата лечения.

Список литературы

1. Angell E.H. Treatment of irregularities of the permanent or adult tooth. Dent Cosmos. 1860; 2: 540–544, 599–601.
2. Haas A.J. Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. Angle Orthod. 1961; 31 (2): 73–90.
3. Haas A.J. Palatal expansion: just the beginning of dentofacial orthopedics. Am J. Orthod. 1970; 57 (3): 219–255.
4. Haas A.J. Long-term posttreatment evaluation of rapid maxillary expansion. Angle Orthod. 1980; 50 (3): 189–217.
5. Sun Z., Hueni S., Tee B.C., Kim H. Mechanical strain at alveolar bone and circummaxillary sutures during acute rapid palatal expansion. Am. J. Orthod Dentofacial Orthop. 2011; 139 (3): e219–e228.
6. Bruder C., Ortolani C.L.F., Lima T.A., Artese F., Faltin J.K. Evaluation of palate area before and after rapid maxillary expansion, using cone-beam computed tomography. Dental Press J. Orthod. 2019; 24 (5): 40–45.
7. Melsen B. Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiographic study. Am. J. Orthod. 1975; 68 (1): 42–54.
8. Korbacher H., Schilling A., Püschel K., Amling M., Kahl-Nieke B. Age-dependent three-dimensional micro-computed tomography analysis of the human midpalatal suture. J. Orofac Orthop. 2007; 68 (5): 364–376.
9. Baccetti T., Franchi L., Cameron C.G., McNamara J.A.Jr. Treatment timing for rapid maxillary expansion. Angle Orthod. 2001; 71 (5): 343–350.
10. Angelieri F., Cevdanes L.H., Franchi L., Gonçalves J.R., Benavides E., McNamara J.A.Jr. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. Am J. Orthod Dentofacial Orthop. 2013; 144 (5): 759–769.

11. Kumar S., Gurunathan D., Muruganandham Sh.S. Rapid maxillary expansion: A unique treatment modality in dentistry. *J. Clin. Diagn. Res.* 2011; 5: 906–911.
12. Gueutier A., Paré A., Joly A., Laure B., de Pinieux G., Goga D. Rapid maxillary expansion in adults: Can multislice computed tomography help choose between orthopedic or surgical treatment? *Rev. Stomatol. Chir. Maxillofac Chir. Orale.* 2016; 117 (5): 327–334.
13. Timms D.J., Preston C.B., Daly P.F. A computed tomographic assessment of maxillary movement induced by rapid expansion — a pilot study. *Eur. J. Orthod.* 1982; 4 (2): 123–127.
14. Misch K.A., Yi E.S., Sarment D.P. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. *J. Periodontol.* 2006; 77 (7): 1261–1266.
15. Lagravery M.O., Carey J., Toogood R.W., Major P.W. Three-dimensional accuracy of measurements made with software on cone-beam computed tomography images. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 2008; 134 (1): 112–116.
16. Lagravery M.O., Carey J., Heo G., Toogood R.W., Major P.W. Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone-anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: a randomized clinical trial. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 2010; 137 (3): 304.e1–304.e12.
17. Baccetti T., Franchi L. Cervical vertebral maturation as a growth indicator. *Craniofacial Growth Series.* 2002; 39: 187–198.
18. Wehrbein H., Yildizhan F. The mid-palatal suture in young adults. A radiological-histological investigation. *Eur. J. Orthod.* 2001; 23 (2): 105–114.
19. Lione R., Buongiorno M., Lagana G., Cozza P., Franchi L. Midpalatal suture density evaluation after rapid and slow maxillary expansion: a low-dose computed tomography study. *Angle Orthod.* 2013; 83 (5): 821–826.
20. Giuliani A., Mazzoni S., Mangano C. et al. Osteo-regeneration personalized for children by rapid maxillary expansion: an imaging study based on synchrotron radiation microtomography. *BMC Oral Health.* 2018; 18: 125.
21. Chang N.H., Garetto L.P., Potter R.H. et al. Angiogenesis and osteogenesis in an orthopedically expanded suture. *Am J. Orthod Dentofacial Orthop.* 1997; 111(4): 382–390.
22. Amir L.R., Becking A.G., Jovanovic A., Perdijk F.B., Everts V., Bronckers A.L. Thrombin-derived peptide (TP508) stimulates bone formation during distraction osteogenesis. *J. Orthop Res.* 2007; 25 (9): 1175–1182.
23. Kanno T., Takahashi T., Ariyoshi W. et al. Tensile mechanical strain up-regulates Runx2 and osteogenic factor expression in human periosteal cells: implications for distraction osteogenesis. *J. Oral Maxillofac Surg.* 2005; 63 (4): 499–504.
24. Pereira J.D.S., Jacob H.B., Locks A., Brunetto M., Ribeiro G.L.U. Evaluation of the rapid and slow maxillary expansion using cone-beam computed tomography: a randomized clinical trial. *Dental Press J. Orthod.* 2017; 22 (2): 61–68.
25. Cappellette M.Jr., Nagai L.H.Y., Gonçalves R.M., Yuki A.K., Pignatari S.S.N., Fujita R.R. Skeletal effects of RME in the transverse and vertical dimensions of the nasal cavity in mouth-breathing growing children. *Dental Press J. Orthod.* 2017; 22 (4): 61–69.
26. Weissheimer A., Menezes L.M., Mezomo M., Dias D., de Lima E.M., Rizzato S.M. Immediate effects of rapid maxillary expansion with Haas-type and hyrax-type expanders: A randomized clinical trial. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 2011; 140 (3): 366–376.
27. Wang C., Tang B., Hua F., He H., Ngan P. Skeletal and dental changes after microimplant assisted rapid palatal expansion: a cone beam computed tomography study. *Am. J. Orthod Dentofacial Orthop.* 2019; 155(5): 663–671.
28. Moon H.W., Kim M.J., Ahn H.W., Kim S.J., Kim S.H., Chung K.R., Nelson G. Molar inclination and surrounding alveolar bone change relative to the design of bone-borne maxillary expanders: A CBCT study. *Angle Orthod.* 2019; 89 (6): 902–909.
29. Bartzela T.N., Oliveira A.C., Rocha R., Maia F.A. Orthodontic treatment of patients with syndromes affecting craniofacial and dental structures. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 2004; 7 (3): 177–184.
30. Garrett B.J., Caruso J.M., Rungcharassaeng K., Farrage J.R., Kim J.S., Taylor G.D. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 2008; 134 (1): 8.e1–8.e11.
31. Basciftci F.A., Karaman A.I. Effects of a modified acrylic bonded rapid maxillary expansion appliance and vertical chin cap on dentofacial structures. *Angle Orthod.* 2002; 72 (1): 61–68.
32. Ugolini A., Doldo T., Ghislanzoni L.T., Mapelli A., Giorgetti R., Sforza C. Rapid palatal expansion effects on mandibular transverse dimensions in unilateral posterior crossbite patients: a three-dimensional digital imaging study. *Prog Orthod.* 2016; 17: 1.
33. Baysal A., Veli I., Ucar F.I., Eröz M., Özer T., Uysal T. Changes in mandibular transversal arch dimensions after rapid maxillary expansion procedure assessed through cone-beam computed tomography. *Korean J. Orthod.* 2011; 41 (3): 200–210.
34. Baccetti T., Franchi L., McNamara J.A.Jr. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Semin. Orthod.* 2005; 11 (3): 119–129.
35. Sayar G., Kılınç D.D. Rapid maxillary expansion outcomes according to midpalatal suture maturation levels. *Prog. Orthod.* 2019; 20: 27.
36. Ribeiro G.L.U., Locks A., Pereira J., Brunetto M. Analysis of rapid maxillary expansion using cone-beam computed tomography. *Dental Press J. Orthod.* 2010; 15 (6): 107–112.

Поступила в редакцию: 07.05.2026 г.

Сведения об авторах:

Саунина Анастасия Андреевна — доцент кафедры стоматологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: s4unina@yandex.ru; ORCID 0000-0002-0328-2248;

Соколович Наталия Александровна — профессор кафедры стоматологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: lun_nat@mail.ru; ORCID 0000-0003-4545-2994;

Кузьмина Диана Алексеевна — профессор кафедры стоматологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: dianaspb2005@rambler.ru; ORCID 0000-0002-7731-5460;

Солдатов Иван Константинович — кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры общей стоматологии Медицинского института ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; старший преподаватель кафедры стоматологии ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России; e-mail: ivan-soldatov@mail.ru; ORCID 0000-0001-8740-9092; SPIN-код 1503-1278; ResearcherID: A-9339-2017; GoogleScholarID: PqavHmAAAAAJ; ScopusID: 57195325408;

Поленс Александр Анатольевич — кандидат медицинских наук, главный врач СПб ГБУЗ «Стоматологическая поликлиника № 16»; 190005, Санкт-Петербург, 4-я Красноармейская ул., д. 19; e-mail: pstom16@zdrav.spb.ru; ORCID 0000-0001-9212-9319.