

# Изучение состояния костной ткани с помощью 3D-цефалометрии при ортодонтическом лечении элайнерами

М.А. Данилова, И.В. Дмитриенко, Л.И. Арутюнян

*Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера, Пермь, Российская Федерация*

## АННОТАЦИЯ

**Актуальность.** В современных исследованиях, касающихся ортодонтической коррекции с использованием элайнеров и брекет-систем, большое внимание уделяется трехмерной оценке костных и периодонтальных структур. Цель: разработать методику трехмерной оценки костной ткани у пациентов при ортодонтическом лечении элайнерами.

**Материалы и методы.** С помощью разработанной нами методики мы оценивали толщину костной ткани с вестибулярной и язычной поверхности резцов нижней челюсти, а также толщину костной ткани альвеолярного отростка, ширину и высоту нижнечелюстного симфиза с двух сторон – вестибулярной и язычной.

**Результаты.** Спустя полгода от начала ортодонтической коррекции капками определяется двустороннее утолщение кости и увеличение четкости рисунка кости вестибулярно и язычно.

**Заключение.** Составление плана лечения у пациентов возможно исключительно с полной визуализацией расположения зубов в кости и по отношению к корням соседних зубов с помощью 3D-цефалометрии.

**Ключевые слова:** элайнеры, 3D-цефалометрия, оценка костной ткани

**Для цитирования:** Данилова МА, Дмитриенко ИВ, Арутюнян ЛИ. Изучение состояния костной ткани с помощью 3D-цефалометрии при ортодонтическом лечении элайнерами. *Стоматология детского возраста и профилактика*. 2022;22(1):58-62. DOI: 10.33925/1683-3031-2021-22-1-58-62.

---

## 3D cephalometric assessment of bone tissue condition during the orthodontic treatment with clear aligners

M.A. Danilova, I.V. Dmitrienko, L.I. Arutyunyan

*Perm State Medical University named after E.A. Vagner, Perm, Russian Federation*

## ABSTRACT

**Relevance.** Modern studies about orthodontic correction with aligners and brackets focus on the three-dimensional assessment of bone and periodontal structures.

**Purpose.** The study aimed to develop a technique for the three-dimensional evaluation of bone tissue in orthodontic patients with aligners.

**Materials and methods.** Using our methodology, we evaluated the buccal and lingual bone thickness at the lower incisors, alveolar bone thickness, buccal and lingual width and height of the mandibular symphysis.

**Results.** Six months after the beginning of the orthodontic treatment with aligners, the study determined an increase in bone thickness bilaterally and the sharpness of buccal and lingual bone structure.

**Conclusion.** Treatment planning in patients is only possible using 3D cephalometry with complete visualization of tooth position in the bone and according to the roots of the adjacent teeth.

**Key words:** aligners, 3D cephalometry, bone tissue assessment

**For citation:** Danilova MA, Dmitrienko IV, Arutyunyan LI. 3D cephalometric assessment of bone tissue condition during the orthodontic treatment with clear aligners. *Pediatric dentistry and dental prophylaxis*. 2022;22(1):58-62 (In Russ.). DOI: 10.33925/1683-3031-2021-22-1-58-62.

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Современный диагностический комплекс при планировании ортодонтического лечения невозможно представить без 3D-цефалометрии, позволяющей получать персонифицированные морфометрические и антропометрические данные, а также создавать индивидуальные ортодонтические конструкции для лечения [1-3, 5, 7, 12, 18].

В современных исследованиях отмечается, что врачи-ортодонты уделяют недостаточно внимания диагностике состояния костной ткани до начала ортодонтического лечения, в процессе ортодонтической коррекции и по ее завершении, в том числе в отдаленные сроки. Так, ошибки диагностики величины костной ткани в области фронтального отдела нижней челюсти встречаются в 34% исследуемых случаев, в основном при использовании двухмерных методов, а по завершении ортодонтического лечения в 35% случаев диагностируется недостаточное количество костной ткани в области нижних резцов на трехмерных снимках [6-8, 11, 13, 15-17].

При коррекции скученного положения зубов во фронтальном отделе нижней челюсти изменяется торк, инклинация и ротации зубов и их корней, что необходимо учитывать при планировании и составлении плана лечения [9, 10, 12, 18]. Поэтому при ортодонтическом лечении элайнерами важно анализировать толщину костной ткани на различных уровнях корней зубов, производить анализ длины корней фронтальных зубов нижней челюсти, учитывать вестибуло-оральный наклон и положение нижних резцов [7, 16-18]. Такую визуализацию могут демонстрировать только 3D-снимки конусно-лучевой компьютерной томографии [4, 6-8, 17, 18]. Так, при ортодонтическом лечении элайнерами ортодонты получают возможность оценивать запланированные передвижения зубов при изменении их торка, учитывая места критического дефицита кости, что в свою очередь сделает безопасным передвижение зубов во фронтальном отделе нижней челюсти, а также гарантирует стабильность в ближайшие и отдаленные сроки ретенционного периода [10-12, 14, 16].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 105 пациентов (73 девочки и 32 мальчика) в возрасте от 16 до 20 лет. Средний возраст пациентов составил  $18,0 \pm 0,5$  лет. В первую основную подгруппу исследования были включены 45 человек со скученным положением зубов во фронтальном отделе нижней челюсти и дефицитом места в зубном ряду до 3 мм. Вторая основная подгруппа включала 24 пациента с дефицитом места в зубном ряду 4-6 мм. Пациентам основной группы было проведено лечение с использованием элайнеров. Группа сравнения включала 32 пациента с дефицитом места в зубном ряду до 6 мм, которым проводилось лечение с использованием эджуайс-техники.

Критериями включения пациентов в исследование были: период сформированного постоянного прикуса; наличие диагноза по МКБ K07.3 – аномалии положения зубов (K07.30 – скученное положение зубов); отсутствие скелетных форм зубочелюстных аномалий; лечение клинических случаев без удаления зубов; наличие 3D-цефалометрического исследования, контрольно-диагностических моделей и фотографий до, на этапах и после лечения; наличие добровольного информированного согласия на участие в клиническом исследовании и использование персональных данных в научных целях.

Критерии невключения: возраст пациентов младше 18 лет и старше 24 лет; наличие аномалий соотношения зубных дуг; присутствие скелетных форм зубочелюстных аномалий; лечение клинических случаев с удалением зубов; отсутствие 3D-цефалометрического исследования, контрольно-диагностических моделей и фотографий до, на этапах и после лечения; отсутствие добровольного информированного согласия на участие в клиническом исследовании и использование персональных данных в научных целях.

Исходя из анализа современной отечественной и зарубежной литературы нами был сделан вывод об отсутствии методики клинически значимой оценки костной ткани во фронтальном отделе нижней челюсти. Поэтому, используя 3D-КЛКТ-снимки для измерения толщины костной ткани, окружающей нижние резцы, нами была разработана методика (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020613195), с помощью которой оценивали показатели костной ткани, такие как: толщина костной ткани с вестибулярной и язычной поверхности; толщина костной ткани альвеолярного отростка; ширина и высота нижнечелюстного симфиза с вестибулярной и язычной поверхности. Согласно разработанной методике, производили следующий алгоритм измерений:

1) находили центры корневых каналов нижних резцов и получали сагиттальные проекции, соответствующие центральным участкам резцов; изображение корневого канала резца служило эталоном для определения его длинной оси;

2) длина корня определялась и измерялась как расстояние от эмалево-цементного соединения до его верхушки;

3) линии, перпендикулярные длинной оси резца, использовались для установления контрольных точек, где 0% длины корня зуба представляло собой эмалево-цементное соединение, а 100% – верхушка корня;

4) далее в сагиттальной плоскости производили следующие измерения: толщина костной ткани с вестибулярной и язычной поверхности, общая толщина костной ткани альвеолярного отростка, общая ширина нижнечелюстного симфиза и общая высота нижнечелюстного симфиза с вестибулярной и язычной поверхности нижних резцов: а) измерения толщины альвеолярной кости с вестибулярной и язычной по-

верхности корней нижних резцов проводили в двух заранее определенных точках; б) линии, перпендикулярные длинной оси нижнего резца, были проведены на уровне 80% и 100% длины корня; в) для определения высоты нижнечелюстного симфиза проводили линию, параллельную длинной оси зуба от точки, представляющей костное основание нижнего резца, до линии, перпендикулярной длинной оси зуба, которая прослеживалась в самой нижней точке кортикальной кости нижнечелюстного симфиза с вестибулярной и язычной поверхности; г) для определения толщины нижнечелюстного симфиза проводили линию, перпендикулярную длинной оси зуба в самой широкой части нижнечелюстного симфиза.

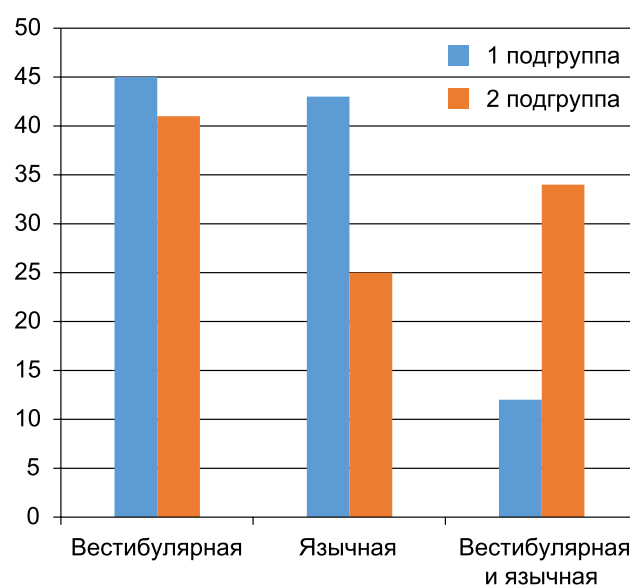
Измерения полученных отрезков производили в миллиметрах. Результаты фиксировались на этапе диагностики и подготовки к лечению, а также в полугодовой перспективе.

Обработка результатов исследования проводилась с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Office® 365 (Microsoft Corporation, Seattle, США), Microsoft Excel и SPSS Statistics 17.0. Для сравнения связанных совокупностей применяли статистический критерий Уилкоксона.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате проведенного исследования нами было выявлено, что на этапе диагностики и подготовки к лечению пациентов первой основной подгруппы определялось уменьшение показателей толщины костной ткани, которое определялось у 45% пациентов с вестибулярной стороны, у 43% пациентов – с язычной, у 12% пациентов – с вестибулярной и язычной сторон. У пациентов второй основной подгруппы уменьшение толщины костной ткани определялось у 41% пациентов с вестибулярной стороны, у 25% – с язычной, а у 34% – с обеих сторон (рис. 1). Также показатели морфометрической длины и ширины верхнего и нижнего зубных рядов у основной группы пациентов были уменьшены по сравнению с нормой ( $p \leq 0,05$ ). Анализ пропорциональности зубных рядов показал уменьшение центрального сегмента по отношению к латеральным у первой подгруппы на 6,3 мм, у второй подгруппы – на 7,9 мм, а дефицит места в зубном ряду в первой подгруппе в среднем составил 2,9 мм, во второй подгруппе – 4,3. Нами не было выявлено статистически значимых различий в данных показателях у пациентов основной группы и группы сравнения на этапе диагностики.

В среднем лечение с использованием элайнеров у пациентов основной группы заняло  $13 \pm 3$  месяца. Лечение с использованием эджуайс-техники у пациентов группы сравнения заняло  $19 \pm 2$  месяца. Через  $9 \pm 3$  месяцев после начала коррекции элайнерами у всех пациентов основной группы было диагностировано увеличение толщины костной ткани с вестибулярной и язычной поверхности в первой подгруппе



**Рис. 1.** Показатели уменьшения толщины костной ткани у пациентов первой и второй подгруппы основной группы исследования с вестибулярной, язычной и обеих сторон (%)

**Fig. 1.** Parameters of bone thickness reduction from buccal, lingual and both sides in patients of the first and second subgroups of the main group (%)

в 0,49 раза, во второй подгруппе – в 0,84 раза, а также определялось усиление четкости рисунка костной ткани на 3D-КЛКТ-снимках, что было статистически достоверным ( $p \leq 0,01$ ). У пациентов группы сравнения данные показатели были достигнуты значительно позднее – через  $16 \pm 2$  месяца.

В результате ортодонтического лечения морфометрические размеры апикальных базисов челюстей увеличились до значений возрастной нормы в отношении и ширины, и длины во всех группах исследования. Пропорциональность зубных рядов также стала гармоничной, что говорит о положительных результатах планирования ортодонтического лечения с помощью разработанной методики клинически значимой оценки костной ткани во фронтальном отделе нижней челюсти.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Составление плана лечения у пациентов возможно исключительно с полной визуализацией расположения зубов в кости и по отношению к корням соседних зубов с помощью КЛКТ. Только такой анализ позволит врачу определить правильный вектор прилагаемой силы и гарантирует успех ортодонтического лечения, результаты которого будут стабильны в ретенционном периоде [5].

В современном спектре ортодонтических диагностических методик основное значение необходимо уделять 3D-цефалометрии, поскольку качество лечения напрямую связано с точностью визуализации и оценки полученной информации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гвоздева ЛМ, Данилова МА, Александрова ЛИ, Дмитриенко ИВ. Результаты ортодонтического лечения элайнерами с позиции качества жизни пациентов с зубочелюстными аномалиями. *Стоматология*. 2021;100(2):73-75.

doi: 10.17116/stomat202110002173

2. Антосик РМ. Анализ эффективности ортодонтического лечения пациентов со скученностью зубов на элайнерах, изготовленных по 3D- и DPM-технологии. *Вестник науки и образования*. 2018; 2(37); 88-90. Режим доступа:

<http://scientificjournal.ru/images/PDF/2018/VNO-37/VNO-1-37--2.pdf>

3. Elkholy F, Mikhael B, Schmidt F, Lapatki BG. Mechanical load exerted by PET-G aligners during mesial and distal derotation of a mandibular canine. *Journal of Orofacial Orthopedics*. 2017;78(5):361-370.

doi: 10.1007/s00056-017-0090-4

4. Best AD, Shroff B, Carrico CK, Lindauer SJ. Treatment management between orthodontists and general practitioners performing clear aligner therapy. *Angle Orthod*. 2017;87(3):432-439.

doi: 10.2319/062616-500.1

5. Cassetta M, Altieri F, Pandolfi S, Giansanti M. The combined use of computer-guided, minimally invasive, flapless corticotomy and clear aligners as a novel approach to moderate crowding: A case report. *Korean J Orthod*. 2017;47(2):130-141.

doi: 10.4041/kjod.2017.47.2.130

6. Yang L, Li F, Cao M, Chen H, Wang X, Chen X, Yang L, Gao W, Petrone JF, Ding Y. Quantitative evaluation of maxillary interradicular bone with cone-beam computed tomography for bicortical placement of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015;147(6):725-737.

doi: 10.1016/j.ajodo.2015.02.018

7. Yitschaky O, Neuhof MS, Yitschaky M, Zini A. Relationship between dental crowding and mandibular incisor proclination during orthodontic treatment without extraction of permanent mandibular teeth. *Angle Orthod*. 2016;86(5):727-733.

doi: 10.2319/080815-536.1

8. Zhang CY, DeBaz C, Bhandal G, Alli F, Buencamino Francisco MC, Thacker HL, Palomo JM, Palomo L. Buccal Bone

Thickness in the Esthetic Zone of Postmenopausal Women: A CBCT Analysis. *Implant Dent*. 2016;25(4):478-484.

doi: 10.1097/ID.0000000000000405

9. White DW, Julien KC, Jacob H, Campbell PM, Buschang PH. Discomfort associated with Invisalign and traditional brackets: A randomized, prospective trial. *Angle Orthod*. 2017;87(6):801-808.

doi: 10.2319/091416-687.1

10. Sawchuk D, Currie K, Vich ML, Palomo JM, Flores-Mir C. Diagnostic methods for assessing maxillary skeletal and dental transverse deficiencies: A systematic review. *Korean J Orthod*. 2016;46(5):331-342.

doi: 10.4041/kjod.2016.46.5.331

11. Ravera S, Castroflorio T, Garino F, Daher S, Cugliari G, Deregisbus A. Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study. *Prog Orthod*. 2016;17:12.

doi: 10.1186/s40510-016-0126-0

12. Noll D, Mahon B, Shroff B, Carrico C, Lindauer SJ. Twitter analysis of the orthodontic patient experience with braces vs Invisalign. *Angle Orthod*. 2017;87(3):377-383.

doi: 10.2319/062816-508.1

13. Montúfar J, Romero M, Scougall-Vilchis RJ. Automatic 3-dimensional cephalometric landmarking based on active shape models in related projections. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2018;153(3):449-458.

doi: 10.1016/j.ajodo.2017.06.028

14. Montúfar J, Romero M, Scougall-Vilchis RJ. Hybrid approach for automatic cephalometric landmark annotation on cone-beam computed tomography volumes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2018;154(1):140-150.

doi: 10.1016/j.ajodo.2017.08.028

15. Hoang N, Nelson G, Hatcher D, Oberoi S. Evaluation of mandibular anterior alveolus in different skeletal patterns. *Prog Orthod*. 2016;17(1):22.

doi: 10.1186/s40510-016-0135-z

16. Elshebiny T, Palomo JM, Baumgaertel S. Anatomic assessment of the mandibular buccal shelf for miniscrew insertion in white patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2018;153(4):505-511.

doi: 10.1016/j.ajodo.2017.08.014

## REFERENCES

1. Gvozdeva LM, Danilova MA, Alexandrova LI, Dmitrienko IV. The results of orthodontic treatment using aligners from the perspective of quality of life of patients with dentoalveolar anomalies. *Dentistry = Stomatologiya*. 2021;100(2):73-75. (In Russ.).

doi:10.17116/stomat202110002173

2. Antosik RM. The analysis of the effectiveness of orthodontic treatment of patients with congestion of teeth on aligners dent on 3d- and dpm-technology. *Herald of Science and Education*. 2018; 2(37); 88-90. (In Russ.). Available from:

<http://scientificjournal.ru/images/PDF/2018/VNO-37/VNO-1-37--2.pdf>

3. Elkholy F, Mikhael B, Schmidt F, Lapatki BG. Mechanical load exerted by PET-G aligners during mesial and distal derotation of a mandibular canine. *Journal of Orofacial Orthopedics*. 2017;78(5):361-370.

doi: 10.1007/s00056-017-0090-4

4. Best AD, Shroff B, Carrico CK, Lindauer SJ. Treatment management between orthodontists and general practitioners performing clear aligner therapy. *Angle Orthod*. 2017;87(3):432-439.

doi: 10.2319/062616-500.1

5. Cassetta M, Altieri F, Pandolfi S, Giansanti M. The combined use of computer-guided, minimally invasive,

flapless corticotomy and clear aligners as a novel approach to moderate crowding: A case report. *Korean J Orthod.* 2017;47(2):130-141.

doi: 10.4041/kjod.2017.47.2.130

6. Yang L, Li F, Cao M, Chen H, Wang X, Chen X, Yang L, Gao W, Petrone JF, Ding Y. Quantitative evaluation of maxillary interradicular bone with cone-beam computed tomography for bicortical placement of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015;147(6):725-737.

doi: 10.1016/j.ajodo.2015.02.018

7. Yitschaky O, Neuhofer MS, Yitschaky M, Zini A. Relationship between dental crowding and mandibular incisor proclination during orthodontic treatment without extraction of permanent mandibular teeth. *Angle Orthod.* 2016;86(5):727-733.

doi: 10.2319/080815-536.1

8. Zhang CY, DeBaz C, Bhandal G, Alli F, Buencamino Francisco MC, Thacker HL, Palomo JM, Palomo L. Buccal Bone Thickness in the Esthetic Zone of Postmenopausal Women: A CBCT Analysis. *Implant Dent.* 2016;25(4):478-484.

doi: 10.1097/ID.0000000000000405

9. White DW, Julien KC, Jacob H, Campbell PM, Buschang PH. Discomfort associated with Invisalign and traditional brackets: A randomized, prospective trial. *Angle Orthod.* 2017;87(6):801-808.

doi: 10.2319/091416-687.1

10. Sawchuk D, Currie K, Vich ML, Palomo JM, Flores-Mir C. Diagnostic methods for assessing maxillary skeletal and dental transverse deficiencies: A systematic

review. *Korean J Orthod.* 2016;46(5):331-42.

doi: 10.4041/kjod.2016.46.5.331

11. Ravera S, Castroflorio T, Garino F, Daher S, Cugliari G, Deregis A. Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study. *Prog Orthod.* 2016;17:12.

doi: 10.1186/s40510-016-0126-0

12. Noll D, Mahon B, Shroff B, Carrico C, Lindauer SJ. Twitter analysis of the orthodontic patient experience with braces vs Invisalign. *Angle Orthod.* 2017;87(3):377-383.

doi: 10.2319/062816-508.1

13. Montúfar J, Romero M, Scougall-Vilchis RJ. Automatic 3-dimensional cephalometric landmarking based on active shape models in related projections. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(3):449-458.

doi: 10.1016/j.ajodo.2017.06.028

14. Montúfar J, Romero M, Scougall-Vilchis RJ. Hybrid approach for automatic cephalometric landmark annotation on cone-beam computed tomography volumes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;154(1):140-150.

doi: 10.1016/j.ajodo.2017.08.028

15. Hoang N, Nelson G, Hatcher D, Oberoi S. Evaluation of mandibular anterior alveolus in different skeletal patterns. *Prog Orthod.* 2016;17(1):22.

doi: 10.1186/s40510-016-0135-z

16. Elshebiny T, Palomo JM, Baumgaertel S. Anatomic assessment of the mandibular buccal shelf for miniscrew insertion in white patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(4):505-511.

doi: 10.1016/j.ajodo.2017.08.014

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Данилова Марина Анатольевна**, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой детской стоматологии и ортодонтии Пермского государственного медицинского университета им. акад. Е. А. Вагнера, Пермь, Российская Федерация

E-mail: danilova\_ma@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2746-5567>

**Дмитриенко Ирина Вадимовна**, соискатель на кафедре детской стоматологии и ортодонтии Пермского государственного медицинского университета

им. акад. Е. А. Вагнера, Пермь, Российская Федерация  
E-mail: dmitrienko\_iv@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1201-4111>

**Автор, ответственный за связь с редакцией:**

**Арутюнян Лариса Игоревна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры детской стоматологии и ортодонтии Пермского государственного медицинского университета им. акад. Е. А. Вагнера, Пермь, Российская Федерация

E-mail: alexandrova\_lar@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3662-5574>

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Marina A. Danilova**, DMD, PhD, DSc, Professor, Head of the Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, Vagner Perm State Medical University, Perm, Russian Federation  
E-mail: danilova\_ma@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2746-5567>

**Irina V. Dmitrienko**, DMD, external PhD student, Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, Vagner Perm State Medical University, Perm, Russian Federation  
E-mail: dmitrienko\_iv@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1201-4111>

**Corresponding author:**

**Larisa I. Arutyunyan**, DMD, PhD, Associate Professor, Department of Pediatric Dentistry and Orthodon-

tics, Vagner Perm State Medical University, Perm, Russian Federation

E-mail: alexandrova\_lar@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3662-5574>

**Конфликт интересов:**

**Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов/**

*Conflict of interests:*

*The authors declare no conflict of interests*

**Поступила / Article received 29.01.2022**

*Поступила после рецензирования / Revised 14.02.2022*

*Принята к публикации / Accepted 21.02.2022*