

Прогнозирование результатов раннего ортодонтического лечения и развития зубочелюстной системы при его отсутствии у детей 3-12 лет

А.С. Шишмарева, Е.С. Бимбас, О.В. Лимановская

Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Прогнозирование развития зубочелюстной системы (ЗЧС) у детей с зубочелюстными аномалиями (ЗЧА) представляет собой актуальную медико-социальную проблему, поскольку прогноз развития ЗЧС позволит своевременно назначить и провести адекватную терапию, которая существенно снизит риски развития тяжелых ЗЧА у детей. Методы машинного обучения зарекомендовали себя как надежный инструмент для прогнозирования состояния здоровья пациента, так и для оценки эффективности методик лечения. Поэтому представляется интересным использовать этот современный инструментарий для построения прогностических моделей, позволяющих оценить изменение состояния ЗЧС у детей с ЗЧА после ортодонтического лечения (ОЛ) в различных возрастах или при его отсутствии.

Цель исследования. Построить набор прогностических моделей оценки тяжести состояния зубочелюстной системы у детей через 3,5-4 года после ортодонтического лечения и при отсутствии лечения.

Материалы и методы. В ходе исследования использовались данные о состоянии ЗЧС у детей в возрасте 3-5 лет (n = 50), 6-9 лет (n = 100), 10-12 лет (n = 100) и 13-17 лет (n = 100). Для построения каждой из прогностических моделей разрабатывалась авторская программа на языке Python 3.11 с использованием библиотек sklearn, pandas, xgb в среде Anaconda.

Результаты. Разработаны девять моделей состояния ЗЧС у детей 3-12 лет, из них три модели строят прогноз развития ЗЧС после проведения ОЛ (одна – в группе детей 3-5 лет, вторая – в группе детей 6-9 лет и третья – в группе детей 10-12 лет) и шесть моделей – прогноз развития ЗЧС без проведения ОЛ. Три модели из шести выполняют прогноз развития ЗЧС без проведения ОЛ в возрасте 3-5 лет: первая – прогноз состояния ЗЧС в 6-9 лет; вторая – в 10-12 лет; третья – в 13-17 лет. Точность моделей составляет от 82 до 86%. Две модели из шести строят прогноз развития ЗЧС для детей с ЗЧА, не получивших ОЛ в 6-9 лет: одна – в 10-12 лет, вторая – в 13-17 лет. Точность моделей составляет от 92 до 97%. Шестая модель строит прогноз состояния ЗЧС у детей 13-17 лет, не получивших ОЛ в 10-12 лет. Точность модели составляет 94%. Кроме того, построены три модели, прогнозирующие состояние ЗЧС спустя 3,5-4 года после ОЛ: первая модель строит прогноз для детей 3-5 лет; вторая – для детей 6-9 лет, третья – для детей 10-12 лет. Точность моделей составляет от 82 до 90%.

Заключение. Все полученные модели будут использованы при построении веб-приложения для прогнозирования тяжести состояния ЗЧС у детей как после ОЛ, так и при его отсутствии.

Ключевые слова: прогнозирование тяжелых нарушений ЗЧС у детей, вторичная профилактика ЗЧА, раннее ортодонтическое лечение (РОЛ).

Для цитирования: Шишмарева АС, Бимбас ЕС, Лимановская ОВ. Прогнозирование результатов раннего ортодонтического лечения и развития зубочелюстной системы при его отсутствии у детей 3-12 лет. *Стоматология детского возраста и профилактика*. 2023;23(3):243-254. DOI: 10.33925/1683-3031-2023-660.

Predicting early orthodontic treatment results and development of the dentofacial system without orthodontic treatment in 3-12-year-old children

A.S. Shishmareva, E.S. Bimbas, O.V. Limanovskaya

Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russian Federation

ABSTRACT

Relevance. Prognosis of the dentofacial system (DS) development in children with dentofacial deformities (DD) is an urgent medical and social problem since the prognosis of the DS development will allow timely prescription and provision of adequate therapy, which will significantly reduce the risks of severe DD development in children. Machine learning methods have proven to be a reliable tool for predicting a patient's health status and evaluating the effectiveness of treatment methods. Therefore, it seems interesting to use this modern toolkit to build predictive models that allow us to assess the change in the condition of DS in children with DD after orthodontic treatment (OT) at different ages or without OT.

Purpose. The study aimed to build a set of predictive models for assessing the severity of the dentofacial system condition in 3.5-4-year-old children after and without orthodontic treatment.

Material and methods. The study used the data on the DS of children aged 3-5 years (n=50), 6-9 years (n=100), 10-12 years (n=100) and 13-17 years (n=100). The author's program was developed in Python 3.11 using the sklearn, pandas, and xgb libraries in Anaconda to build the predictive models.

Results. We developed nine models of the DS condition in children aged 3-12 years, three of which make predictions for the DS development after the OT (one - in the group of 3-5-year-old children, the second - in the group of 6-9-year-old children and the third - in the group of 10-12-year-olds) and six models predict the development of the DS without OT. Three out of 6 models predict DS development without OT at 3-5 years: the first makes a prediction of the DS condition for 6-9 year-olds; the second - for 10-12 year-olds; the third - for 13-17-year-olds. The accuracy of the models ranges from 82 to 86%. Two models out of 6 predict the DS development for children with DD who did not receive OT at 6-9 years old: one - at 10-12 years old, the second - at 13-17 years old. The accuracy of the models ranges from 92 to 97%. The sixth model makes predictions of the DS condition in children aged 13-17 years who did not receive OT at the age of 10-12 years. The accuracy of the model is 94%. In addition, we built three models that predict the DS condition in 3.5-4 years after the OT: the first model predicts for 3-5-year-old children; the second - for 6-9-year-olds; and the third - for children of 10-12 years old. The accuracy of the models ranges from 82 to 90%.

Conclusion. All obtained models will be used to build a web application for predicting the DS state severity in children after the orthodontic treatment and without the latter.

Keywords: prediction of severe dentofacial deformities in children, secondary prevention of dentofacial deformities, early orthodontic treatment (EOT).

For citation: Shishmareva AS, Bimbass ES, Limanovskaya OV. Predicting early orthodontic treatment results and development of the dentofacial system without orthodontic treatment in 3-12-year-old children. *Pediatric dentistry and dental prophylaxis*. 2023;23(3):243-254 (In Russ.). DOI: 10.33925/1683-3031-2023-660.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Прогнозирование развития ЗЧС у детей представляет собой актуальную медико-социальную проблему, поскольку наличие прогноза развития ЗЧС у детей с ЗЧА позволит повысить эффективность вторичной профилактики тяжелых ЗЧА. Как показывают данные эпидемиологических исследований, в России с возрастом наблюдается как рост распространенности ЗЧА: 1-3 года - 33%; 4-6 лет - 56-71%; 7-15 лет - 65-89% [1], так и рост их тяжести [2-4]. Для построения прогностических моделей в медицине хорошо себя зарекомендовали методы машинного обучения. Так, в обзорной работе [5] проведен анализ исследований по предсказанию неблагоприятных исходов различных заболеваний на основе анализа лабораторных данных, проведенного методами машинного обучения и искусственного интеллекта. В работе показано широкое применение информационных систем, использующих в своей основе прогностические модели, построенные методами машинного обучения и нейронными сетями. Показана высокая точность этих моделей, которая составила от 70 до 85% на тестовых данных. В настоящее время начинается использование прогностических моде-

лей, разработанных методами машинного обучения в клинической практике [6-9]. В то же время в стоматологии искусственный интеллект применяется в основном для анализа снимков [10-11], что не дает возможности полного использования всего потенциала методов машинного обучения. При наличии численных данных, таких как измерения размеров сагиттальной щели, обратной сагиттальной щели, глубины резцового перекрытия, вертикальной щели, диспропорции трансверзальных размеров зубных рядов, дефицита места в зубном ряду, величины и направления смещения нижней челюсти, появляется возможность применения методов машинного обучения для построения прогностических моделей состояния ЗЧС.

Представляется актуальным построение прогностических моделей оценки тяжести состояния ЗЧС пациентов методами машинного обучения на основе численных оценок.

Цель исследования.

Построить набор прогностических моделей оценки тяжести состояния ЗЧС детей спустя несколько лет после ортодонтического лечения или в его отсутствии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовалась база данных по состоянию ЗЧС у детей 3-5 лет объемом 50 записей, 6-9 лет объемом 100 записей, 10-12 лет объемом 100 записей, содержащие следующие параметры: сагиттальная щель (мм), обратная сагиттальная щель (мм), вертикальная дизокклюзия во фронтальном/боковом участке (мм), глубокое резцовое перекрытие менее 3,5 мм, резцовое перекрытие до контакта с десной/небом, без травмы (мм), резцовое перекрытие с травмой десны или неба (мм), смещение нижней челюсти вперед (мм), смещение нижней челюсти назад (мм), смещение нижней челюсти в сторону (мм), сужение верхнего зубного ряда в области первых моляров (мм), уменьшение общей длины зубного ряда (ретенция) на один зуб, уменьшение общей длины зубного ряда (ретенция) на два зуба и более, возраст ребенка (полных лет), продолжительность лечения (мес.).

Для каждого параметра кроме возраста ребенка и параметров лечения (продолжительность лечения (мес.), количество аппаратов (шт.), число этапов лечения (шт.) задавался балл по следующим правилам: при размере сагиттальной щели от 3,5 до 6 мм – 3 балла, более 6 мм и менее 9 мм включительно – 4 балла, более 9 мм – 5 баллов; при размере обратной сагиттальной щели менее 2 мм – 4 балла, более 2 мм – 5 баллов; при вертикальной дизокклюзии во фронтальном/боковом участке от 1 до 2 мм – 2 балла, от 2 до 4 мм включительно – 3 балла, более 4 мм – 5 баллов; при глубоком резцовом перекрытии менее 3,5 мм – 3 балла, если резцовое перекрытие до контакта с десной/небом без травмы, то 4 балла, при резцовом перекрытии с травмой десны или неба – 5 баллов; при смещении нижней челюсти вперед – 4 балла, смещение нижней челюсти назад – 3 балла, смещение нижней челюсти в сторону – 5 баллов; при сужении верхнего зубного ряда в области первых моляров от 1 до 2 мм – 2 балла, от 3 до 4 мм – 3 балла, от 5 до 7 мм – 4 балла, более 8 мм – 5 баллов; при уменьшении общей длины зубного ряда (ретенция) на 1 зуб – 4 балла; при уменьшении общей длины зубного ряда (ретенция) на 2 зуба и более – 5 баллов. Полученные баллы суммировались и записывались в параметр «сумма баллов».

На основе суммы баллов определялась степень тяжести по следующему правилу. При сумме баллов от 2 до 6 степень тяжести 1 – легкая, от 7 до 13 – степень тяжести 2 – средняя, от 14 до 20 – степень тяжести 3 – высокая, от 21 и выше – степень тяжести 4 – очень высокая. Итого получали пять степеней тяжести от 0 до 4.

Поскольку степень тяжести меняется дискретно и имеет пять уровней, задача ее прогнозирования сводится к задаче классификации. Для ее решения использовались следующие методы: случайный лес [12], XGBoost (режим доступа <https://xgboost.ai/>) [13], метод ближайших соседей [14], метод опорных векторов [15], логистическая регрессия [16] и сверхслучайные деревья [17].

Случайный лес представляет собой также ансамбль нескольких алгоритмов классификации, а именно набор решающих деревьев. Решающее дерево проводит классификацию выборки, разделяя ее по случайно заданному порогу одного из параметров. Часть выборки, параметр которой будет меньше порога, отделяется от той части, значение параметра которой будет больше порога. В ходе построения решающего дерева идет смена выбранных параметров и в конечном итоге выборка разделяется по классам, где в одном классе собираются объекты с близкими значениями параметров. Сверхслучайные деревья – это частный случай случайного леса, когда выбор порога и параметра разбиения задается случайным образом.

Метод ближайших соседей проводит разделение выборки на классы по принципу близости значений параметров объектов. Алгоритм вычисляет класс объекта по усредненным значениям параметров объектов, наиболее близких к заданному объекту.

Метод опорных векторов разделяет выборку на классы, используя многомерные разделительные поверхности с условием, что с одной стороны поверхности будут объекты одного класса, а другой стороны – объекты другого класса.

Логистическая регрессия проводит разделение выборки, используя линейную поверхность разделения классов и вычисляя вероятность отношения объекта к определенному классу.

Для улучшения решения применялся ансамбль методов – стекинг [18] и войтинг [19]. В стекинге используется набор классификаторов разного типа, которые дают каждый свое предсказание на выборке, далее эти предсказания служат обучающей выборкой для метаалгоритма, которым может быть также любой классификатор. Войтинг является разновидностью стекинга и отличается от него только тем, что каждый классификатор обучается на своей части выборки, в то время как при стекинге метаалгоритм объединяет все алгоритмы и обучается фактически на всей выборке.

Реализация алгоритмов выполнена на языке Python3.11 на фреймворке Anaconda (<https://www.anaconda.com>) с использованием библиотеки sklearn (<https://scikit-learn.org/stable/>).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Разработка прогностических моделей для оценки тяжести состояния ЗЧС спустя 3,5-4 года после лечения

Были построены три прогностических модели для оценки степени тяжести состояния ЗЧС в исследуемых группах детей 3-12 лет спустя 3,5-4 года после лечения. Одна модель для прогноза степени тяжести ЗЧС у детей 3-5 лет (ОГ-1), вторая – у детей 6-9 лет (ОГ-2), третья – у детей 10-12 лет (ОГ-3). Для оценки качества модели из обучающей выборки случайным образом выделялось 20% записей, которые служили тестовой частью выборки.

В качестве целевой переменной, значение которой предсказывает модель, использовался параметр степень тяжести после лечения. Для всех трех моделей этот параметр имеет сильный дисбаланс классов. В данных степень тяжести в основном была нулевая или первая, вторая же степень тяжести наблюдалась гораздо реже (1% в ОГ-2, 3% в ОГ-3).

Для устранения дисбаланса классов использовался метод увеличения доли класса случайным образом RandomOverSampling, который хорошо себя зарекомендовал в решении проблемы дисбаланса

классов [20]. Баланс классов в выборке до и после применения генерации класса представлен в таблице 1. После выравнивания объемов классов изменились также объемы выборок, используемых для построения модели (табл. 2).

Для построения моделей прогноза степени тяжести после лечения для детей 3-5 и 6-9 лет использовался ансамбль методов – стекинг. В набор входили три классификатора – случайный лес, сверхслучайные деревья и xgboost. В качестве мета алгоритма использовалась логистическая регрессия. Стекинг

Таблица 1. Баланс классов в целевой переменной модели прогноза после лечения до и после генерации минорного класса
Table 1. Balance of classes in the target variable of the predictive model after treatment before and after generation of the minor class

Баланс классов до выравнивания классов Class balance before class alignment		Баланс классов после выравнивания классов Class balance after class alignment	
Номер класса Class number	Число объектов класса Number of class objects	Номер класса Class number	Число объектов класса Number of class objects
Изменение баланса классов в целевой переменной для модели прогноза у детей 3-5 лет The change in the balance of classes in the target variable for the predictive model for 3-5-year-old children			
0	41	0	41
1	7	1	41
2	2	2	41
Изменение баланса классов в целевой переменной для модели прогноза для детей 6-9 лет The change in the balance of classes in the target variable for the predictive model for 6-9-year-old children			
0	74	0	74
1	25	1	74
2	1	2	74
Изменение баланса классов в целевой переменной для модели прогноза для детей 10-12 лет The change in the balance of classes in the target variable for the predictive model for 6-9-year-old children			
0	46	0	46
1	45	1	46
2	8	2	46

Таблица 2. Изменение объемов выборок после применения выравнивания классов
Table 2. The change in sample sizes after applying class alignment

Группа детей, для которой строилась модель The group of children for which the model was built	Объем выборки до применения выравнивания классов Sample size before applying class alignment	Объем выборки после применения выравнивания классов Sample size after applying class alignment
Дети 3-5 лет / Children of 3-5 years old	50	123
Дети 6-9 лет / Children of 6-9 years old	100	222
Дети 10-12 лет / Children of 10-12 years old	100	138

Таблица 3. Точность моделей прогноза степени тяжести после лечения для детей 3-12 лет, %
Table 3. Accuracy of models for predicting severity after treatment for 3-12-year-old children, %

Группа детей, для которой строилась модель The group of children for which the model was built	Точность модели на всей выборке Model accuracy across the entire sample	Точность модели на тестовой части Model accuracy on the test set
Дети 3-5 лет / Children of 3-5 years old	99	100
Дети 6-9 лет / Children of 6-9 years old	100	97
Дети 10-12 лет / Children of 10-12 years old	81	70

модели реализован с помощью метода StackingClassifier библиотеки sklearn (<https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.StackingClassifier.html>). Модель прогноза степени тяжести после лечения для детей 10-12 лет получена в результате вейтинга трех классификаторов – случайный лес, сверхслучайные деревья, xgboost. Точность моделей для детей 3-12 лет представлена в таблице 3.

По результатам моделей получены усредненные веса параметров моделей, рассчитанные по всем классификаторам входящих в ансамбль моделей (см. таблицу 4).

Как видно из таблицы 4, нарастание веса параметра «сумма баллов» с возрастом свидетельствует о более трудном лечении по мере роста детей. Значительное отличие веса параметра «сумма баллов» к 10-12 годам свидетельствует о наличии у детей к

этому возрасту сложных признаков нарушений ЗЧС, сокращаются возможности восстановления физиологического развития ЗЧС, коррекция окклюзии проходит путем симптоматического лечения. Увеличение у детей 10-12 лет веса таких параметров как «обратная сагиттальная щель», «сагиттальная щель прямая», «вертикальная дизокклюзия во фронтальном участке», «резцовое перекрытие с травмой десны или неба» свидетельствует о возможности только симптоматического лечения в этом возрасте и почти отсутствии влияния на рост челюстей. Общая тяжесть нарушений ЗЧС влияет на вес параметра «продолжительность лечения». В то же время для детей 3-5 лет отмечаются большие веса таких параметров, как «вертикальная дизокклюзия во фронтальном участке» и «смещение НЧ в сторону», которые связаны с физиологическими особенностями этого возраста – становлением функ-

Таблица 4. Усредненные веса параметров моделей прогноза степени тяжести состояния ЗЧС у детей 3-12 лет после лечения спустя 3,5-4 года

Table 4. Averaged weights of model parameters for predicting the severity of the dentofacial system condition in 3-12-year-old children in 3.5 – 4 years after the treatment

Параметр модели Model parameter	Усредненный вес параметра в модели для группы детей The averaged weight of a model parameter for a group of children		
	3-5 лет / 3-5 years	6-9 лет / 6-9 years	10-12 лет / 10-12 years
Обратная сагиттальная щель / Reverse overjet	0.071	0.043	0.061
Сужение верхнего зубного ряда в области первых моляров Narrowing of the upper inter-first-molar distance	0.081	0.140	0.074
Сагиттальная щель / Overjet	0.061	0.057	0.092
Вертикальная дизокклюзия во фронтальном участке Anterior open bite	0.133	0.008	0.091
Резцовое перекрытие более 3,5 мм Overbite of more than 3.5 mm	0.052	0.361	0.079
Резцовое перекрытие до контакта с десной/небом, без травмы Deep overbite, contact with the gum/palate, non-traumatic	0.001	0.016	0.046
Резцовое перекрытие с травмой десны или неба Traumatic deep overbite, gum or palate damage	0.070	0.028	0.086
Смещение НЧ вперед, мм Forward displacement of the mandible, mm	0.048	0.016	0.005
Смещение НЧ назад, мм Backward displacement of the mandible, mm	0.005	0.018	0.050
Смещение НЧ в сторону, мм Lateral displacement of the mandible, mm	0.172	0.075	0.022
Уменьшение общей длины ЗР (ретенция) на 1 зуб Reduced dentition (impacted teeth) by 1 tooth	0.000	0.016	0.041
Уменьшение общей длины ЗР (ретенция) на 2 зуба и более Reduced dentition (impacted teeth) by 2 teeth or more	0.000	0.004	0.032
Сумма баллов / Total score	0.080	0.083	0.115
Возраст, полных лет / Age last birthday	0.087	0.052	0.087
Продолжительность лечения, месяцев Duration of treatment, months	0.095	0.081	0.118

ций, стираемостью зубов, а также сужением верхнего зубного ряда. Для детей 6-9 лет существенный вес имеют параметры «глубокое резцовое перекрытие менее 3,5 мм» и «сужение верхнего зубного ряда в области первых моляров», а также «смещение НЧ в сторону», которое связано с сужением ВЧ. Значения веса этих параметров у детей 3-5 и 6-9 лет указывают на необходимость РОЛ в этом возрасте, в зависимости от общей тяжести нарушений ЗЧС.

Для детей 10-12 лет имеют наибольший вес параметры «сагиттальная щель», «вертикальная дизокклюзия во фронтальном участке». Это связано со сложностью в этом возрасте повлиять на гипердивергентное развитие ЗЧС. Как показал анализ результатов лечения, гипердивергенция даже незначительно увеличилась. Несмотря на хорошие возможности коррекции гиподивергенции в возрасте 10-12 лет в прогностической модели имеют вес параметры «глубокое резцовое перекрытие менее 3,5 мм» и «резцовое перекрытие с травмой десны или неба», что указывает на необходимость надежной ретенции результатов ОЛ. О трудности и огра-

Таблица 5. Характеристики моделей прогноза степени тяжести состояния ЗЧС у детей без лечения в возрасте 3-5 лет
Table 5. Characteristics of models for predicting the DD severity in untreated children aged 3-5 years

Возраст детей, для которого делался прогноз, лет The age of children for whom the prediction was made, years	Точность модели на всей выборке, % Model accuracy across the entire sample, %
6-9	86
10-12	82
13-17	74

ничении возможностей ОЛ в возрасте 10-12 лет свидетельствует вес параметра «сумма баллов» – 0,115.

Модели, прогнозирующие степень тяжести состояния ЗЧС у детей 3-12 лет без лечения

Разработано шесть моделей, прогнозирующих состояние ЗЧС у детей 3-12 лет без лечения. Три из них прогнозируют состояние ЗЧС у детей 3-5 лет без проведения лечения: первая модель дает прогноз

Таблица 6. Усредненные веса параметров моделей прогноза степени тяжести состояния ЗЧС у детей в возрасте 6-9 лет без лечения в 10-12 лет и в 13-17 лет

Table 6. The averaged weights of the model parameters for predicting the DS condition severity at 10-12 years and at 13-17 years in children aged 6-9 years without treatment

Параметр модели Model parameter	Усредненный вес параметра в модели The averaged weight of the parameter in the model		
	6-9 лет 6-9 years	10-12 лет 10-12 years	13-17 лет 13-17 years
Обратная сагиттальная щель / Reverse overjet	-	0.044	0.070
Сужение верхнего зубного ряда в области первых моляров Narrowing of the upper inter-first-molar distance	-	0.111	0.061
Сагиттальная щель / Overjet	-	0.084	0.062
Вертикальная дизокклюзия во фронтальном участке Anterior open bite	-	-	0.025
Резцовое перекрытие более 3,5 мм Overbite of more than 3.5 mm	-	-	0.0009
Резцовое перекрытие до контакта с десной/небом, без травмы Deep overbite, contact with the gum/palate, non-traumatic	-	0.156	-
Смещение НЧ вперед, мм Forward displacement of the mandible, mm	-	0.068	0.022
Смещение НЧ назад, мм Backward displacement of the mandible, mm	-	0.034	0.071
Смещение НЧ в сторону, мм Lateral displacement of the mandible, mm	-	0.059	-
Уменьшение общей длины ЗР (ретенция) на 1 зуб Reduced dentition (impacted teeth) by 1 tooth	-	0.074	0.0129
Уменьшение общей длины ЗР (ретенция) на 2 зуба и более Reduced dentition (impacted teeth) by 2 teeth or more	-	0.003	-
Сумма баллов / Total score	1.000	0.364	0.530
Возраст, полных лет / Age last birthday	-	-	0.143

*знак «-» обозначает, что параметра нет в модели / *"- indicates the absence of the parameter in the model

степени тяжести состояния ЗЧС в 6-9 лет, вторая – в 10-12 лет и третья – в 13-17 лет. Две модели дают прогноз степени тяжести ЗЧС у детей 6-9 лет без проведения лечения: одна – в 10-12 лет, вторая – в 13-18 лет. Одна модель дает прогноз степени тяжести состояния ЗЧС у детей 10-12 лет в 13-18 лет без проведения лечения.

Для построения моделей прогноза степени тяжести состояния ЗЧС у детей 3-5 лет без проведения лечения использовалась база данных детей, объемом 50 записей, описанная в разделе «Материалы и методы». В качестве целевой переменной для прогноза степени тяжести состояния ЗЧС использовались степени тяжести состояния ЗЧС у детей в 6-9, 10-12 и 13-17 лет. Поскольку объем выборки составлял всего 50 записей, то все модели строились как однофакторные. Параметром моделей являлась сумма баллов, определяющая степень тяжести нарушений ЗЧС. Для всех моделей использовался алгоритм случайный лес. Сводная характеристика всех моделей приведена в таблице 5.

Для построения моделей прогноза степени тяжести состояния ЗЧС у детей 6-9 лет без проведения лечения использовалась база данных детей, объемом 100 записей, описанная в разделе «Материалы и методы». В качестве целевой переменной для прогноза степени тяжести состояния ЗЧС использовались степени тяжести состояния ЗЧС у детей в 10-12 и 13-17 лет. Поскольку в данных по степени тяжести у детей в 10-12 лет наблюдается, в основном, 3 и 4 степень и гораздо реже вторая, то был применен `RanmodOverSampling` для увеличения числа объектов второго класса. Баланс классов до и после применения оверсэмплинга приведен в таблице 7. После применения оверсэмплинга размер выборки увеличился до 163 записей.

Для снижения числа параметров в модели использовался метод отбора параметров по принципу наибольшей корреляции с целевой переменной, реализованный с помощью метода `SelectKBest` в режиме `f_classif` библиотеки `sklearn` (https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.feature_selection.SelectKBest.html). При построении модели прогноза степени тяжести состояния ЗЧС у детей 6-9 лет по достижении 10-12 лет из исходных 14 параметров оставлены 10: сумма баллов, обратная сагиттальная щель, сагиттальная щель, смещение НЧ вперед, сме-

щение НЧ назад, смещение НЧ в сторону, резцовое перекрытие до контакта с десной/небом без травмы, уменьшение общей длины зубного ряда (ретенция) на 1 зуб, уменьшение общей длины зубного ряда (ретенция) на 2 зуба и более и сужение верхнего зубного ряда в области первых моляров. Для построения модели использовался стекинг трех классификаторов: случайный лес, метод опорных векторов и `xgboost`. В качестве метаалгоритма использовалась логистическая регрессия. Точность модели составила 97% на всей выборке и 90% на тестовой части.

Для построения модели прогноза степени тяжести состояния ЗЧС у детей 6-9 лет по достижению 13-17 лет без проведения лечения использовалась база данных детей, объемом 100 записей, описанная в разделе «Материалы и методы». В качестве целевой переменной для прогноза степени тяжести состояния ЗЧС использовались степени тяжести состояния ЗЧС у детей в 13-17 лет. Для этой модели использовался тот же метод отбора параметров, как и в предыдущей модели и из 14 параметров было отобрано следующие 10: сумма баллов, обратная сагиттальная щель, сагиттальная щель, смещение НЧ вперед, смещение НЧ назад, вертикальная дизокклюзия во фронтальном/боковом участке, резцовое перекрытие до контакта с десной/небом без травмы, уменьшение общей длины зубного ряда (ретенция) на 1 зуб, возраст ребенка и сужение верхнего зубного ряда в области первых моляров. Для построения модели использовался стекинг трех классификаторов: случайный лес, метод опорных векторов и `xgboost`. В качестве мета алгоритма использовалась логистическая регрессия. Точность модели составила 95% на всей выборке и 81% на тестовой части.

Из полученного ансамбля моделей рассчитаны усредненные веса параметров обеих моделей (табл. 8).

Как можно видеть из данных таблицы 8, наибольший вес имеет параметр «сумма баллов». Поскольку после лечения детей в возрасте 6-9 лет вес параметра составляет 0,083, увеличение веса до 0,364 в 10-12 лет и до 0,530 в 13-17 лет говорит о значительном росте тяжести нарушений ЗЧС без своевременного РОЛ. Кроме того, без РОЛ детей в возрасте 6-9 лет нарастает вес параметров «сагиттальная щель» и «обратная сагиттальная щель». Это свидетельствует об увеличении сагиттальной диспропорции челюстей. К 10-12 годам увеличивается, а к 13-17 годам

Таблица 7. Баланс классов параметра степень тяжести без лечения в 10-12 лет до и после оверсэмплинга
Table 7. Balance of classes of the severity parameter without treatment at 10-12 years before and after oversampling

Баланс классов до применения оверсэмплинга Balance of classes before oversampling		Баланс классов после применения оверсэмплинга Balance of classes after oversampling	
Класс / Class	Число объектов / Number of objects	Класс / Class	Число объектов / Number of objects
4	18	4	50
3	68	3	58
2	14	2	55

Таблица 8. Усредненные веса параметров моделей прогноза степени тяжести состояния ЗЧС у детей в возрасте 6-9 лет без лечения в 10-12 лет и в 13-17 лет

Table 8. The averaged weights of the models' parameters for predicting the DS condition severity at 10-12 years and at 13-17 years in children aged 6-9 years without treatment

Параметр модели Model parameter	Усредненный вес параметра в модели после лечения The averaged weight of the parameter in the model after treatment	Усредненный вес параметра в модели без лечения The averaged weight of the parameter in the model without treatment	
		в 10-12 лет at 10-12 years	в 13-17 лет at 13-17 years
Обратная сагиттальная щель / Reverse overjet	0.043	0.044	0.070
Сужение верхнего зубного ряда в области первых моляров Narrowing of the upper inter-first-molar distance	0.140	0.111	0.061
Сагиттальная щель / Overjet	0.057	0.084	0.062
Вертикальная дизокклюзия во фронтальном участке Anterior open bite	0.008	–	0.025
Резцовое перекрытие более 3,5 мм Overbite of more than 3.5 mm	0.361	–	0.0009
Резцовое перекрытие до контакта с десной/небом, без травмы Deep overbite, contact with the gum/palate, non-traumatic	0.016	0.156	–
Резцовое перекрытие с травмой десны или неба Traumatic deep overbite, gum or palate damage	0.016	0.068	0.022
Смещение НЧ вперед, мм Forward displacement of the mandible, mm	0.018	0.034	0.071
Смещение НЧ назад, мм Backward displacement of the mandible, mm	0.075	0.059	–
Смещение НЧ в сторону, мм Lateral displacement of the mandible, mm	0.016	0.074	0.0129
Уменьшение общей длины ЗР (ретенция) на 1 зуб Reduced dentition (impacted teeth) by 1 tooth	0.004	0.003	–
Уменьшение общей длины ЗР (ретенция) на 2 зуба и более Reduced dentition (impacted teeth) by 2 teeth or more	0.083	0.364	0.530
Сумма баллов / Total score	0.052	–	0.143

*«–» обозначает, что параметра нет в модели / *"-“ indicates the absence of the parameter in the model

снижается вес параметра «смещение НЧ вперед». Снижение веса данного параметра свидетельствует о компенсации смещения ростом НЧ. Аналогичная ситуация и с параметром «смещение НЧ в сторону». Параметр «Уменьшение общей длины ЗР (ретенция) на 1 зуб» имеет существенный вес к 13-17 годам. Существенный вес в 10-12 лет имеет параметр «резцовое перекрытие до контакта с десной/небом, без травмы», то есть без коррекции происходит углубление прикуса. Параметр «сужение верхнего зубного ряда в области первых моляров» также имеет существенный вес без РОЛ к 10-12 годам.

Для построения модели прогноза степени тяжести состояния ЗЧС у детей 10-12 лет по достижению 13-17 лет без проведения лечения использовалась база

данных детей объемом 100 записей, описанная в разделе «Материалы и методы». В качестве целевой переменной для прогноза степени тяжести состояния ЗЧС использовались степени тяжести состояния ЗЧС у детей в 13-17 лет. Поскольку данные по степени тяжести в 13-17 лет для этой группы детей имеют сильный дисбаланс классов, то для выравнивания классов был применен метод RandomOverSampling. Баланс классов в данных по степени тяжести детей в 13-17 лет до и после оверсэмплинга представлен в таблице 9. Объем выборки после балансировки классов составил 144 записи.

Для уменьшения числа параметров в модели применялся отбор параметров с наиболее сильной корреляцией с целевой переменной с помощью метода

Таблица 9. Баланс классов параметра степень тяжести в 13-17 лет без лечения в возрасте 10-12 лет до и после оверсэмплинга

Table 9. Balance of classes of the severity parameter in 13-17 years without treatment at the age of 10-12 years before and after oversampling

Баланс классов до применения оверсэмплинга Balance of classes before oversampling		Баланс классов после применения оверсэмплинга Balance of classes after oversampling	
Класс / Class	Число объектов / Number of objects	Класс / Class	Число объектов / Number of objects
4	60	4	50
3	37	3	49
2	2	2	45

Таблица 10. Усредненные веса параметров моделей прогноза степени тяжести состояния ЗЧС в 13-17 лет у детей без лечения в возрасте 10-12 лет

Table 10. Averaged weights of the parameters of models for predicting the DS condition severity at 13-17 years in 10-12-year-old children without treatment

Параметр модели Model parameter	Усредненный вес параметра в модели после лечения The averaged weight of the parameter in the model after treatment	Усредненный вес параметра в модели в 13-17 лет The averaged weight of the parameter in the model at 13-17 years
Обратная сагиттальная щель / Reverse overjet	0.061	0.094
Сужение верхнего зубного ряда в области первых моляров Narrowing of the upper inter-first-molar distance	0.074	0.061
Сагиттальная щель / Overjet	0.092	0.253
Вертикальная дизокклюзия во фронтальном участке Anterior open bite	0.091	0.025
Резцовое перекрытие более 3,5 мм Overbite of more than 3.5 mm	0.046	0.046
Резцовое перекрытие до контакта с десной/небом, без травмы Deep overbite, contact with the gum/palate, non-traumatic	0.005	0.004
Резцовое перекрытие с травмой десны или неба Traumatic deep overbite, gum or palate damage	0.050	0.039
Смещение НЧ вперед, мм Forward displacement of the mandible, mm	0.022	0.120
Смещение НЧ назад, мм Backward displacement of the mandible, mm	0.041	0.066
Смещение НЧ в сторону, мм Lateral displacement of the mandible, mm	0.032	0.027
Уменьшение общей длины ЗР (ретенция) на 1 зуб Reduced dentition (impacted teeth) by 1 tooth	0.115	0.167
Уменьшение общей длины ЗР (ретенция) на 2 зуба и более Reduced dentition (impacted teeth) by 2 teeth or more	0.087	0.183

SelectKBest в режиме `f_classif` библиотеки `sklearn`. При построении модели прогноза степени тяжести состояния ЗЧС у детей 10-12 лет по достижению 13-18 лет из исходных 14 параметров оставлены 10: сумма баллов, обратная сагиттальная щель, сагиттальная щель, смещение НЧ вперед, смещение НЧ назад, смещение НЧ в сторону, резцовое перекрытие до контакта с десной/небом без травмы, уменьшение общей длины зубного ряда (ретенция) на 1 зуб, уменьшение общей длины зубного ряда (ретенция) на 2 зуба и более и

возраст. Для построения модели использовался стекинг трех классификаторов: случайный лес, метод ближайших соседей `k-nn` и `xgboost`. В качестве металгоритма использовалась логистическая регрессия. Точность модели составила 94% на всей выборке и 89% на тестовой части. В таблице 10 представлены усредненные веса параметров модели тяжести состояния ЗЧС у детей 10-12 лет без лечения.

Как видно по данным таблицы 10, наиболее значимыми в модели для детей с ЗЧА, не получившими

ОЛ в возрасте 10-12 лет является параметр «сумма баллов», после лечения вес параметра составляет 0,115 увеличение веса до 0,167 в 13-17 лет свидетельствует о росте тяжести нарушений ЗЧС. Нарастает вес параметров «сагиттальная щель» и «обратная сагиттальная щель», что свидетельствует об увеличении сагиттальной диспропорции челюстей, а также «уменьшение общей длины ЗР (ретенция) на 1 зуб». Отмечается существенный вес параметра «смещение НЧ в сторону», в увеличении которого возможно отражается ее асимметричное развитие.

Таким образом, разработанный набор моделей, прогнозирующих степень тяжести состояния ЗЧС у детей 3-12 лет как с лечением, так и без него, показывает, что наиболее значимый параметр для определения показаний к РОЛ – «сумма баллов» при

оценке степени общей тяжести нарушений ЗЧС. Нарастание веса параметра «сумма баллов» с возрастом свидетельствует о более трудном лечении по мере роста детей и нарастании более сложных признаков нарушений ЗЧС. У детей 10-12 лет прогнозируется в большинстве случаев возможность только симптоматического лечения и почти отсутствует возможность влияния на рост челюстей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан набор моделей, прогнозирующих степень тяжести состояния ЗЧС у детей 3-12 лет как с лечением, так и без него. Полученные модели будут использованы в разработке приложения врача ортодонта для прогнозирования состояния ЗЧС у детей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леонтьев ВК, Кисельникова ЛП, редакторы. Детская терапевтическая стоматология. Национальное руководство. Москва:Гэотар-Медиа.896 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19552884>
2. Сергеева МВ, Киселева ЕА, Киселева КС, Кострицин АГ. Структура зубочелюстных аномалий у детей и подростков Кузбасса. *Dental Forum*. 2019;(2):19-20. Режим доступа: http://www.dental-forum.ru/index.php?menu_id=163
3. Олесов ЕЕ, Каганова ОС, Фазылова ТА, Миргазизов МЗ, Ильин АА, Шугайлов ИА. Динамика структуры и тяжести зубочелюстных аномалий на фоне раннего ортодонтического лечения в период сменного прикуса. *Клиническая практика*. 2019;10(3):9-25. doi: 10.17816/clinpract10319-25
4. Восканян АР, Аюпова ФС. Региональные и возрастные особенности распространенности и структуры зубочелюстных аномалий у детей Краснодарского края. *Стоматология для всех*. 2021;(4):21-23. doi: 10.35556/idr-2021-4(97)21-23
5. Гусев АВ, Новицкий РЭ, Ившин АА, Алексеев АА. Машинное обучение на лабораторных данных для прогнозирования заболеваний. ФАРМАКОЭКОНОМИКА. *Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология*. 2021; 14 (4): 581–592. doi:10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2021.115
6. Невзорова ВА, Плехова НГ, Присеко ЛГ, Черненко ИН, Богданов ДЮ, Мокшина МВ, и др. Методы машинного обучения в прогнозировании исходов и рисков сердечно-сосудистых заболеваний у пациентов с артериальной гипертензией (по материалам ЭССЕ-РФ в Приморском крае). *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(3):3751. doi: 10.15829/1560-4071-2020-3-3751
7. Ишанкулов ТА, Данилов ГВ, Пицхелаури ДИ, Титов ОЮ, Огурцова АА, Буклина СБ, и др. Прогнозирование послеоперационных речевых дисфункций в нейрохирургии по данным кортико-кортикальных вызванных потенциалов на основе машинного обучения. *Современные технологии в медицине*. 2022;14(1): 25-33. doi: 10.17691/stm2022.14.1.03
8. Синотова СЛ, Лимановская ОВ, Плаксина АН, Макутина ВА. Программное приложение для предсказания здоровья ребенка, рожденного при помощи вспомогательных репродуктивных технологий, по анамнезу матери. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2021;9(3). doi: 10.26102/2310-6018/2021.34.3.008
9. Синотова СЛ, Солодушкин СИ, Плаксина АН, Макутина ВА. Интеллектуальная система поддержки принятия врачебных решений для прогнозирования исхода протокола вспомогательных репродуктивных технологий на различных этапах его проведения. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2022;10(2). doi: 10.26102/2310-6018/2022.37.2.009
10. Токмакова СИ, Бондаренко ОВ, Луницына ЮВ, Жукова ЕС, Мокренко ЕВ, Гайдарова ТА, и др. Исследование влияния стоматологических ополаскивателей на микробиоту полости рта. *Стоматология детского возраста и профилактика*. 2023;23(1):4-14. doi: 10.33925/1683-3031-2023-561
11. Долгалев АА, Мураев АА, Ляхов ПА, Ляхова УА, Чониашвили ДЗ, Золотаев КЕ, и др. Определение оптимальной структуры нейронной сети при разработке программ для поддержки принятия решений в дентальной имплантации. *Медицинский алфавит*. 2022;4(34): 1-11. doi: 10.33667/2078-5631-2022-34-54-64
12. Ho TK. The Random Subspace Method for Constructing Decision Forests. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 1998;20(8):832–844. doi: 10.1109/34.709601. S2CID 206420153.
13. Chen T, Guestrin C. XGBoost: a scalable tree boosting system. 2016. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. 2016:785-794. doi: 10.1145/2939672.2939785

14. Cover ThM, Hart PE. Nearest neighbor pattern classification. *IEEE Transactions on Information Theory*. 1967;13(1):21–27.

doi: 10.1109/TIT.1967.1053964. S2CID 5246200.

15. Cortes C., Vapnik V. Support-vector networks. *Machine Learning*. 1995;20(3):273–297.

doi: 10.1007/BF00994018. S2CID 206787478.

16. Tolles Ju., Meurer WJ. Logistic Regression Relating Patient Characteristics to Outcomes. *JAMA*. 2016;316(5):533–534.

doi:10.1001/jama.2016.7653.

17. Geurts P, Ernst D, Wehenkel L. Extremely random-

ized trees. *Mach Learn*. 2006;63:3–42.

doi: 10.1007/s10994-006-6226-1

18. Wolpert DH. Stacked Generalization. *Neural Networks*. 1992;5(2):241–259.

doi: 10.1016/s0893-6080(05)80023-1

19. Littlestone N., Warmuth M. The Weighted Majority Algorithm. *Information and Computation*. 1994;108(2):212–261.

doi: 10.1006/inco.1994.1009

20. Роскошенко ВВ. Преодоление несбалансированности классов при моделировании дефолта кредитного требования. *Финансы и кредит*. 2019;25(11):2534–2561.

doi: 10.24891/fc.25.11.2534

REFERENCES

1. Leontev VK, Kiselnikova LP, editors. Pediatric Therapeutic Dentistry: national leadership. Moscow: GEOTAR-Media, 2017.952 (In Russ.). Available from:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19552884>

2. Sergeeva MV, Kiseleva EA, Kiseleva KS, Kostritsin AG. The structure of dentofacial anomalies among children and adolescents of Kuzbass. *Dental Forum*. 2019;(2):19–20 (In Russ.). Available from:

http://www.dental-forum.ru/index.php?menu_id=163

3. Olesov EE, Kaganova OS, Fazilova TA, Mirgazizov MZ, Ilyin AA, Shugailov IA. Dynamics of structure and severity of dentoalveolar anomalies on the background of early orthodontic treatment during occlusion. *Journal of Clinical Practice*. 2019;10(3):9–25 (In Russ.).

doi: 10.17816/clinpract10319–25

4. Voskanyan AR, Ayupova FS. Regional and age-related features of the prevalence and structure of dental anomalies in children of the Krasnodar region. *Stomatology for All / Int. Dental Review*. 2021;(4):21–23 (In Russ.).

doi: 10.35556/idr-2021-4(97)21–23

5. Gusev AV, Novitskiy RE, Ivshin AA, Alekseev AA. Machine learning based on laboratory data for disease prediction. *FARMAKOEKONOMIKA. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology*. 2021;14(4):581–592 (In Russ.).

doi: 10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2021.115

6. Nevzorova VA, Plekhova NG, Priseko LG, Chernenko IN, Bogdanov DYu, Mokshina MV, et al. Machine learning for predicting the outcomes and risks of cardiovascular diseases in patients with hypertension: results of ESSE-RF in the Primorsky Krai. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(3):3751 (In Russ.).

doi: 10.15829/1560-4071-2020-3-3751

7. Ishankulov TA, Danilov GV, Pitskhelauri DI, Titov OYu, Ogurtsova AA, Buklina SB, et al. Prediction of post-operative speech dysfunctions in neurosurgery based on cortico-cortical evoked potentials and machine learning technology. *Sovremennye tehnologii v medicine*. 2022;14(1):25 (In Russ.).

doi: 10.17691/stm2022.14.1.03

8. Sinotova SL, Limanovskaya OV, Plaksina AN, Makutina VA. Software application for predicting the health status of a child born with the use of assisted reproduc-

tive technologies, according to the mother's anamnesis. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2021;9(3) (In Russ.).

doi: 10.26102/2310-6018/2021.34.3.008

9. Sinotova SL, Solodushkin SI, Plaksina AN, Makutina VA. An intelligent clinical decision support system for predicting the outcome of an assisted reproductive technology protocol at various stages of its implementation. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2022;10(2) (In Russ.).

doi: 10.26102/2310-6018/2022.37.2.009

10. Tokmakova SI, Bondarenko OV, Lunitsyna YuV, Zhukova ES, Mokrenko EV, Gaidarova TA, et al. The study of mouthwashes' effect on oral microbiota. *Pediatric dentistry and dental prophylaxis*. 2023;23(1):4–14 (In Russ.).

doi: 10.33925/1683-3031-2023-561

11. Dolgalev AA, Muraev AA, Lyakhov PA, Lyakhova UA, Choniashvili DZ, Zolotyayev KE, et al. Determining the optimal neural network structure for the development of decision support programmes in dental implantation. *Medical alphabet*. 2022;(34):54–64 (In Russ.).

doi: 10.33667/2078-5631-2022-34-54-64

12. Ho TK. The Random Subspace Method for Constructing Decision Forests. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 1998;20(8):832–844.

doi: 10.1109/34.709601. S2CID 206420153

13. Chen T, Guestrin C. XGBoost: a scalable tree boosting system. 2016. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. 2016:785–794.

doi: 10.1145/2939672.2939785

14. Cover ThM, Hart PE. Nearest neighbor pattern classification. *IEEE Transactions on Information Theory*. 1967;13(1):21–27.

doi: 10.1109/TIT.1967.1053964. S2CID 5246200

15. Cortes C, Vapnik V. Support-vector networks. *Machine Learning*. 1995;20(3):273–297.

doi: 10.1007/BF00994018. S2CID 206787478

16. Tolles Ju., Meurer WJ. Logistic Regression Relating Patient Characteristics to Outcomes. *JAMA*. 2016;316(5):533–534.

doi: 10.1001/jama.2016.7653

17. Geurts P, Ernst D, Wehenkel L. Extremely randomized trees. *Mach Learn.* 2006;63:3–42.
doi: 10.1007/s10994-006-6226-1
18. Wolpert DH. Stacked Generalization. *Neural Networks.* 1992;5(2):241–259.
doi: 10.1016/s0893-6080(05)80023-1
19. Littlestone N., Warmuth M. The Weighted

- Majority Algorithm. *Information and Computation.* 1994;108(2):212–261.
doi: 10.1006/inco.1994.1009
20. Roskoshenko VV. Overcoming the class imbalance in modeling the credit default. *Finance and Credit.* 2019;25(11):2534–2561 (In Russ.).
doi: 10.24891/fc.25.11.2534

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Автор, ответственный за связь с редакцией:

Шишмарева Анастасия Сергеевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии Уральского государственного медицинского университета, Екатеринбург, Российская Федерация

Для переписки: dolphy2007@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8641-9088>

Бимбас Евгения Сергеевна, доктор медицинских наук, профессор кафедры стоматологии детского возраста и ортодонтии Уральского государственного

медицинского университета, Екатеринбург, Российская Федерация

Для переписки: bimbases@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4122-2518>

Лимановская Оксана Викторовна, кандидат химических наук, старший научный сотрудник отдела общей патологии Уральского государственного медицинского университета, Екатеринбург, Российская Федерация

Для переписки: limanovskaya@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2084-3916>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Corresponding author:

Anastasia S. Shishmareva, DMD, PhD, Associate Professor, Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russian Federation

For correspondence: dolphy2007@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8641-9088>

Eugenia S. Bimbass, DMD, PhD, DSc, Professor, Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russian Federation

For correspondence: bimbases@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4122-2518>

Oksana V. Limanovskaya, PhD in Chemical Sciences, Senior Researcher, Department of General Pathology, Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russian Federation

For correspondence: limanovskaya@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2084-3916>

Конфликт интересов:

Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов/

Conflict of interests:

The authors declare no conflict of interests

Поступила / Article received 24.07.2023

Поступила после рецензирования / Revised 12.09.2023

Принята к публикации / Accepted 19.09.2023



ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСКОЙ ГРУППЫ РПА

Журнал «Стоматология детского возраста и профилактика»

Стоимость подписки в печатном виде на 2023 год по России – 2700 рублей

Подписной индекс в каталоге «Урал-Пресс» – ВН018524

Электронная версия в открытом доступе

www.detstom.ru

PubMed NLM ID:101516363

Импакт-фактор: 1.3