



Тимчук Я.И., Титкова В.В. ✉

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Оценка эффективности модернизированного подхода к лечению элайнерами с использованием 3D-мониторинга и референсных значений

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: все авторы внесли существенный вклад в написание статьи.

Подана: 28.08.2025

Принята: 22.09.2025

Контакты: edvistom@gmail.com

Резюме

Введение. Современная ортодонтия активно внедряет цифровые технологии, в частности систему ортодонтических капп (элайнер-систему), которая является эстетичной и комфортной альтернативой брекетам. Однако эффективность ее применения ограничена, так как реальное перемещение зубов часто отличается от запланированного, удлиняя сроки лечения. В статье описываются результаты проведенной сравнительной оценки эффективности традиционного и модернизированного подходов к ортодонтическому лечению элайнерами. Модернизация заключалась во внедрении системы количественных референсных значений (РЗ) для оценки отклонений по данным 3D-анализа и адаптации лечения на основе этих данных.

Цель. Оценка эффективности лечения системой ортодонтических капп через модернизацию подхода, предусматривающую введение референсных значений, интеграцию компьютерного 3D-мониторинга для ранней диагностики отклонений и адаптацию лечебного процесса.

Материалы и методы. Обследовано и пролечено 33 пациента обоего пола в возрасте 18–39 лет с аномалиями положения фронтальной группы зубов, распределенные на 2 группы: контрольную (группа 1, n=11) и исследовательскую (группа 2, n=22). В свою очередь, исследовательская группа была разделена на 2 подгруппы: 2a – пациенты, проходившие элайнер-терапию с применением коррекции и активации ортодонтических капп (группа 2a, n=11); 2б – пациенты, получавшие элайнер-терапию с использованием капп различной толщины (группа 2б, n=11). Исследование проводилось на базе ГУ «Республиканский клинический стоматологический центр – Университетская клиника», кафедра ортопедической стоматологии и ортодонтии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет».

Результаты. Анализ результатов лечения первой группы показал, что 2 пациента завершили лечение с референсным значением «0», с референсным значением «1» – 4 пациента, с референсным значением «2» – 5 пациентов. Во второй группе в подгруппе «а» с референсным значением «0» завершили лечение 4 пациента, с референсным значением «1» – 4 пациента, с референсным значением «2» – 3 пациента. В подгруппе «б» с референсным значением «0» завершили лечение 4 пациента, с референсным значением «1» – 5 пациентов, с референсным значением «2» – 2 пациента. Во всех



группах медианный шаг появления незначительного отклонения (РЗ «1») составил 12 (Ме=12). Это указывает на то, что независимо от алгоритма лечения к середине лечения накапливается погрешность, требующая внимания врача.

Заключение. Полученные результаты подтверждают целесообразность интеграции разработанного модернизированного подхода в клиническую практику для повышения предсказуемости и эффективности ортодонтического лечения элайнерами.

Ключевые слова: референсное значение, система ортодонтических капп, элайнер-терапия, 3D-анализ, 3D-мониторинг, шаг перемещения, аномалии положения отдельных зубов

Timchuk Ya., Titkova V. ✉

Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Evaluation of the Effectiveness of a Modernized Approach to Aligner Treatment Using 3D-Monitoring and Reference Values

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: all authors made a significant contribution to writing the article.

Submitted: 28.08.2025

Accepted: 22.09.2025

Contacts: edvistom@gmail.com

Abstract

Introduction. Modern orthodontics is actively integrating digital technologies, particularly the system of orthodontic aligners, which serves as an aesthetic and comfortable alternative to conventional braces. However, its effectiveness remains limited, as the actual tooth movement often deviates from the planned outcome, thereby prolonging treatment duration. This article presents the results of a comparative evaluation of the effectiveness of traditional versus modernized approaches to aligner-based orthodontic treatment. The modernization involved the introduction of quantitative reference values (RVs) for assessing deviations using 3D-analysis and subsequent treatment adaptation based on these data.

Purpose. To evaluate the effectiveness of aligner therapy through a modernized approach that includes the implementation of reference values, integration of computer-based 3D-monitoring for early detection of deviations, and adaptation of the treatment process.

Materials and methods. A total of 33 patients (both sexes, aged 18–39 years) with anterior tooth position anomalies were examined and treated. They were allocated into two groups: control (Group 1, n=11) and experimental (Group 2, n=22). The experimental group was further divided into two subgroups: 2a – patients undergoing aligner therapy with correction and activation of orthodontic aligners (n=11); 2b – patients undergoing aligner therapy with the use of aligners of varying thickness (n=11). The study was conducted at the Republican Clinical Dental Center – University Clinic, Department of Prosthetic Dentistry and Orthodontics, Belarusian State Medical University.

Results. In Group 1, treatment outcomes were as follows: 2 patients completed treatment with RV=0, 4 with RV=1, and 5 with RV=2. In Group 2a, 4 patients completed treatment with RV=0, 4 with RV=1, and 3 with RV=2. In Group 2b, 4 patients completed treatment with RV=0, 5 with RV=1, and 2 with RV=2. Across all groups, the median step of occurrence of a minor deviation (RV=1) was 12 (Me=12). This indicates that regardless of the treatment protocol, by the mid-course of therapy cumulative error occurs, requiring clinician intervention.

Conclusion. The obtained results confirm the feasibility of integrating the modernized approach into clinical practice to improve the predictability and effectiveness of aligner-based orthodontic treatment.

Keywords: reference value, orthodontic aligner system, aligner therapy, 3D-analysis, 3D-monitoring, movement step, tooth position anomalies

■ ВВЕДЕНИЕ

Скученность и аномалии положения фронтальной группы зубов входят в число наиболее распространенных стоматологических проблем и оказывают заметное влияние на качество жизни пациентов. Согласно метаобзорам и глобальным сводкам, распространенность клинически значимых форм зубочелюстных аномалий в постоянном прикусе остается высокой, что стимулирует спрос на эстетичные и комфортные методы ортодонтического лечения у взрослых, включая систему прозрачных ортодонтических капп (элайнеров). Однако предсказуемость результатов при использовании элайнеров зависит от множества факторов и остается предметом активного изучения [5].

Эффективность и предсказуемость отдельных перемещений с помощью элайнеров показали неоднородные результаты в клинических исследованиях и обзорах. Ранние проспективные и ретроспективные работы сообщали, что средняя точность запланированных перемещений может быть умеренной, причем наименее предсказуемыми оказываются экструзия резцов, выраженные ротации и изменения торка; в более поздних исследованиях отмечены улучшения, но сохраняется вариабельность исходов. Систематические обзоры подчеркивают: доказательная база растет, но гетерогенность дизайнов исследований и методик оценки затрудняет прямые сравнения и требует совершенствования клинических протоколов [6, 10].

Отдельной клинической проблемой при элайнер-терапии остается потеря трекинга (расхождение фактического положения зубов с запланированным), которая нередко ведет к повторному сканированию и так называемым *refinement* (ревизиям плана). По данным современных работ, частота и объем ревизий коррелируют со сложностью исходной клинической ситуации и типом запланированных перемещений; при этом даже при использовании стандартизированных протоколов количество дополнительных серий капп остается существенным. Это усиливает интерес к технологиям раннего выявления отклонений и проактивной коррекции биомеханики до развития значимых расхождений [7].

Цифровой рабочий поток в ортодонтии – последовательность от внутриротового сканирования до компьютерного моделирования и изготовления капп – открыл возможности для объективного мониторинга лечения. Сопоставление фактических



3D-сканов челюстей с виртуальной моделью челюсти, по которой изготавливался элайнер, позволяет количественно оценивать расхождения по картам отклонений (color-map) и визуально оценивать зоны несоответствия. Исследования показывают практическую ценность поверхностного сопоставления STL-моделей и карт расстояний для клинической верификации хода лечения; при этом в прикладной метрологии в качестве клинически значимого порога нередко используют диапазон порядка 0,3 мм, что согласуется с представлениями о допусках точности при изготовлении и подгонке съемных аппаратов [3, 4, 8].

На фоне объективного 3D-мониторинга особый интерес представляют управляемые вмешательства, направленные на восстановление соответствия с запрограммированным положением зубов без полной ревизии: локальная активация/коррекция каппы (например, специальными щипцами для элайнеров) для усиления давления в зоне отстающего зуба, использование аттачментов и межчелюстных тяг, а при необходимости – мини-винтов временной опоры (TADs) для детерминированной биомеханики. Параллельно изучаются материалы и конструкция капп: изменение толщины термопластины влияет на величину и распределение сил; технологии прямой 3D-печати открывают возможность градиентной толщины в пределах одной каппы, что теоретически повышает точность передачи запланированных перемещений [9, 11].

Современные обзоры и экспериментальные работы подтверждают потенциал этих подходов, подчеркивая необходимость клинической валидации протоколов.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка эффективности лечения системой ортодонтических капп через модернизацию подхода, предусматривающую введение референсных значений, интеграцию компьютерного 3D-мониторинга для ранней диагностики отклонений и адаптацию лечебного процесса.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование проводилось на базе ГУ «Республиканский клинический стоматологический центр – Университетская клиника», кафедра ортопедической стоматологии и ортодонтии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет». В исследовании приняли участие 33 пациента в возрасте 18–39 лет. Ортодонтическое лечение осуществлялось с помощью пошаговой смены прозрачных капп (элайнеров) в соответствии с требованиями обследования и лечения пациентов, определенными протоколами Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 84 от 10.08.2022. Из общепринятых методов измерения диагностических моделей особое внимание уделялось методу A. Lundstrom, Коргхауза в модификации В.А. Щербакова, измерению межклыкового расстояния (с вестибулярной и оральной поверхностей клыков). Всем пациентам была рассчитана индивидуальная и оптимальная ширина межклыкового расстояния с использованием индекса ТИМР для определения оптимальной формы зубной дуги, объема межаппроксимальной сепарации и тактики перемещения зубов. Лечение осуществлялось по достижении желаемого результата [2].

В процессе лечения всем пациентам проводили сравнение отсканированной модели зубного ряда и модели зубного ряда в формате Stl, с помощью которой

Таблица 1
Референсные значения с интерпретацией
Table 1
Reference values with interpretation

Референсное значение	Референсный поддиапазон (мм)	Интерпретация
0	(-0,20; 0,20)	Перемещение зубов соответствует запрограммированному
1	(-0,30; - 0,20] U [0,20; 0,30)	Незначительное отклонение от запрограммированного перемещения зубов
2	(∞; -0,30] U [0,30; ∞)	Значительное отклонение от запрограммированного перемещения зубов

изготавливалась каппа, на каждом этапе смены ортодонтических капп в компьютерной программе с модулем «Сравнение 3D» в диапазоне измерения от -0,3 до 0,3 мм. Анализ полученных данных проводили визуально, оценивая области несоответствия, и количественно, согласно разработанным референсным значениям (табл. 1).

Полученные данные отмечали в таблицах «Сводные данные показателя отклонения» по каждому пациенту в 3 группах, в которых также вычисляли медианные значения впервые зафиксированных (Mean) референтных значений «1» и «2» в группах (табл. 2–4).

Пациенты по принципу аналогов были разделены на 2 группы.

Группа 1 (контрольная, n=11). Пациенты проходили лечение системой ортодонтических капп общепринятым методом. Алгоритм лечения заключался в проведении 3D-компьютерного анализа и смене капп: с референсными значениями «0» и «1» оценивали фиксацию каппы в зубном ряду и наличие/отсутствие дефектов и трещин (при наличии дефектов изготавливали новую каппу), пациент продолжал использовать следующие каппы в комплекте, сменяя каждую новую согласно инструкции по применению медицинского изделия; с референсным значением «2» – сканировали зубные ряды и изготавливали новый комплект ортодонтических капп.

Группа 2 (исследовательская, n=22). Пациенты проходили ортодонтическое лечение с помощью элайнеров через модернизацию подхода, предусматривающую введение референсных значений, интеграцию компьютерного 3D-анализа для ранней диагностики отклонений и адаптацию лечебного процесса.

Группа была разделена на подгруппы: подгруппа 2а (n=11) и подгруппа 2б (n=11).

В подгруппе 2а исследовательской группы пациентам после проведения 3D-компьютерного анализа:

- с референсным значением «0» – оценивали фиксацию каппы в зубном ряду и наличие/отсутствие дефектов и трещин (при наличии дефектов изготавливали новую каппу). Пациент продолжал использовать следующие каппы в комплекте, сменяя каждую новую согласно инструкции по применению медицинского изделия;
- с референсным значением «1» – оценивали фиксацию каппы в зубном ряду и наличие/отсутствие дефектов и трещин (при наличии дефектов изготавливали новую каппу и корректировали/активировали ее). Коррекцию и активацию системы проводили ортодонтическими щипцами или с применением дополнительных ортодонтических приспособлений (кнопки, межчелюстные тяги, мини-винты и др.)



в области несоответствия, выявленной в процессе 3D-анализа. Пациент продолжал носить откорректированную и следующие каппы в комплекте согласно инструкции по применению медицинских изделий;

- с референсным значением «2» – сканировали зубные ряды и изготавливали новый комплект ортодонтических капп. Пациент продолжал носить эту же каппу до тех пор, пока не изготовился новый набор ортодонтических капп (при нарушении целостности каппы изготавливали новую каппу).

В подгруппе 26 исследовательской группы пациентам после проведения 3D-компьютерного анализа:

- с референсным значением «0» – оценивали фиксацию каппы в зубном ряду и наличие/отсутствие дефектов и трещин (при наличии дефектов изготавливали новую каппу). Пациент продолжал использовать следующие каппы в комплекте общепринятой толщины, сменяя каждую новую согласно инструкции по применению медицинского изделия;
- с референсным значением «1» – оценивали фиксацию каппы в зубном ряду и наличие/отсутствие дефектов и трещин (при наличии дефектов изготавливали новую каппу). Последующую каппу изготавливали из толщины термопластины 1 мм. Пациент продолжал носить изготовленную каппу и последующие каппы общепринятой толщины согласно инструкции по применению медицинских изделий;
- с референсным значением «2» – сканировали зубные ряды и изготавливали новый комплект ортодонтических капп общепринятой толщины. Пациент продолжал носить эту же каппу до тех пор, пока не изготовится новый набор ортодонтических капп (при нарушении целостности каппы изготавливали новую каппу).

Эффективность (Э) лечения оценивалась как процент пациентов, завершивших лечение с хорошим результатом (отсутствие $P3=2$), по формуле:

$$\text{Э} = (n/x) \times 100\%,$$

где n – число пациентов с хорошим результатом, x – общее число пациентов в группе.

Статистическая значимость различий в эффективности между группами оценивалась с помощью точного критерия Фишера, непараметрического критерия Краскела – Уоллиса и Манна – Уитни. Для анализа шага появления отклонений рассчитывались медиана (Me) и квартили ($Q1-Q3$), квартильный шаг, размах (IQR).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов лечения первой группы показал, что 2 пациента завершили лечение с референсным значением «0», с референсным значением «1» – 4 пациента, с референсным значением «2» – 5 пациентов. Во второй группе с референсным значением «0» завершили лечение 4 пациента, с референсным значением «1» – 4 пациента, с референсным значением «2» – 3 пациента. Во третьей группе с референсным значением «0» завершили лечение 4 пациента, с референсным значением «1» – 5 пациентов, с референсным значением «2» – 2 пациента.

Во всех группах медианный шаг появления незначительного отклонения ($P3$ «1») составил 12 ($Me=12$). Это указывает на то, что независимо от алгоритма лечения к середине лечения накапливается погрешность, требующая внимания врача. В целом медианные значения по группам представлены в табл. 5.

Таблица 2
Сводные данные показателя отклонения в группе 1
Table 2
Summary data of the deviation index in Group 1

Группа 1	№ пациента	Пациент 1	Пациент 2	Пациент 3	Пациент 4	Пациент 5	Пациент 6	Пациент 7	Пациент 8	Пациент 9	Пациент 10	Пациент 11
P3	1	16	–	9	13	10	13	14	12	11	12	12
	2	21	–	18	20	–	22	–	–	–	–	21

Таблица 3
Сводные данные показателя отклонения в группе 2, подгруппа «а»
Table 3
Summary data of the deviation index in Group 2, subgroup "a"

Группа 2а	№ пациента	Пациент 1	Пациент 2	Пациент 3	Пациент 4	Пациент 5	Пациент 6	Пациент 7	Пациент 8	Пациент 9	Пациент 10	Пациент 11
P3	1	11	14	12	12	10	14	17	11	12	15	–
	2	24	23	–	–	–	–	–	25	–	–	–

Таблица 4
Сводные данные показателя отклонения в группе 2, подгруппа «б»
Table 4
Summary data of the deviation index in Group 2, subgroup "b"

Группа 2б	№ пациента	Пациент 1	Пациент 2	Пациент 3	Пациент 4	Пациент 5	Пациент 6	Пациент 7	Пациент 8	Пациент 9	Пациент 10	Пациент 11
P3	1	15	11	16	13	12	20	15	12	11	12	12
	2	–	–	–	–	27	–	–	–	–	–	26

На уровне значимости $\alpha=0,05$ не обнаружено статистически значимых различий в медианном шаге появления первого незначительного отклонения между 3 группами (Kruskal – Wallis H-test, $p=0,425$), попарные сравнения также не выявили статистически значимых различий (Mann – Whitney U test, $p=0,445–0,501$). Такие результаты еще раз подтверждают обоснованность рекомендации о проведении планового 3D-контроля на 12-м шаге лечения.

Таблица 5
Анализ шага появления отклонений при лечении с помощью системы ортодонтических кап
Table 5
Analysis of the step of deviation occurrence during treatment with the orthodontic aligner system

Группа	Me	Q1 – Q3	IQR	P-value
1-я группа (контроль)	12	11–13	2	0,425
Подгруппа 2а	12	11–14,5	3,5	0,445
Подгруппа 2б	12	11,5–14,5	3	0,501

Таблица 6
Сравнительный анализ эффективности лечения в группах
Table 6
Comparative analysis of treatment outcomes across groups

Группа	Кол-во пациен-тов	Кол-во пациен-тов с хорошими результатами	Эффектив-ность, %	P-value, критерий Фишера
1-я группа (контроль)	11	6	54,5	–
2-я группа (исследовательская)	22	19	86,4	0,038
Подгруппа 2а	11	9	81,8	0,181
Подгруппа 2б	11	10	90,9	0,041

Это также указывает, что преимущество новых алгоритмов будет заключаться не только в предотвращении самих отклонений, но и в смене тактики лечебных подходов (активация, утолщение каппы), что позволит реже допускать развитие отклонений до критического уровня (РЗ «2»). Эффективность ортодонтического лечения и статистический анализ представлены в табл. 6.

Эффективность лечения системой ортодонтических капп контрольной группы составила 54,5%. У 5 пациентов (45,5%) потребовалось провести повторное сканирование для ревизии плана лечения. Общая группа исследования (2-я группа) показала достоверно значимый положительный результат эффективности подходов в модернизации лечения. Общая эффективность составила 86,4%. Статистический анализ подтвердил, что разница с контрольной группой является статистически значимой ($p=0,038$). В разрезе подгрупп эффективность составила 81,8 и 90,9% соответственно. Несмотря на высокий показатель эффективности в подгруппе 2а, разница с контрольной группой не достигла строгого уровня статистической значимости ($p=0,181$). Результаты в подгруппе 2б показали наиболее значимую положительную эффективность лечебных алгоритмов ($p=0,041$) по сравнению с контрольной группой (рис. 1–3).

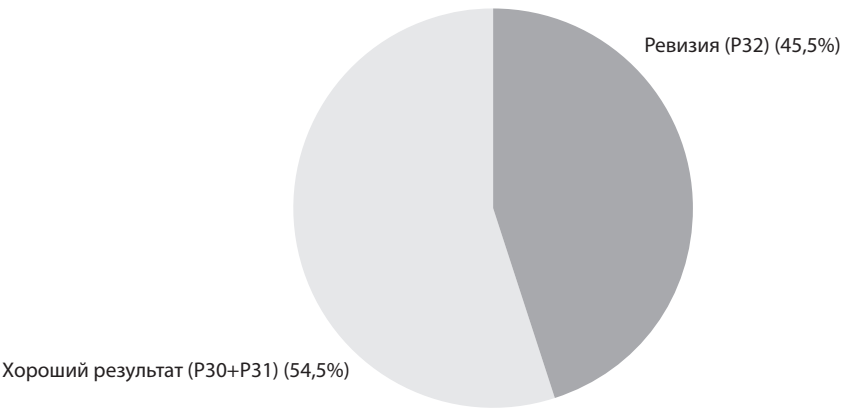


Рис. 1. Распределение пациентов по эффективности проведенного лечения контрольной группы 1
Fig. 1. Distribution of patients by treatment effectiveness in the control group 1

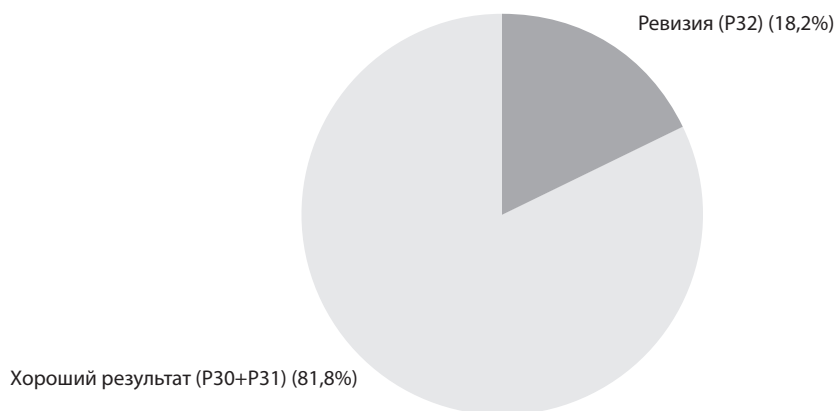


Рис. 2. Распределение пациентов по эффективности проведенного лечения исследовательской группы 2a

Fig. 2. Distribution of patients by treatment effectiveness in the experimental Group 2a

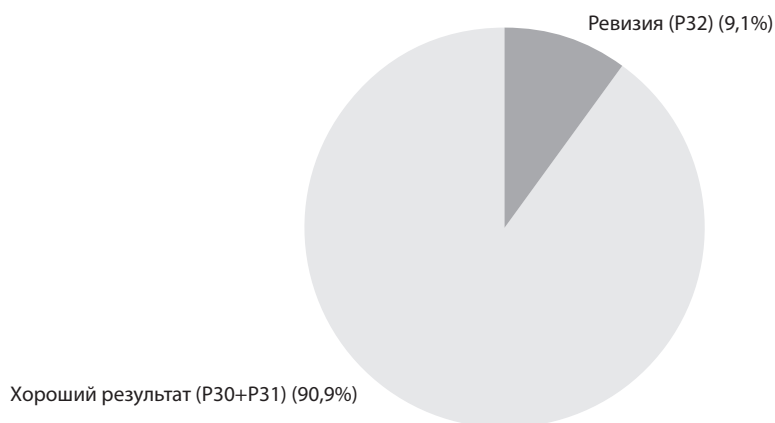


Рис. 3. Распределение пациентов по эффективности проведенного лечения исследовательской группы 2б

Fig. 3. Distribution of patients by treatment effectiveness in the experimental Group 2b

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Внедрение системы 3D-мониторинга на основе референсных значений и адаптации тактики лечения статистически значительно повышает результативность и эффективность лечения системой ортодонтических кап с 54,5 до 86,4% по сравнению с традиционным подходом.
2. Наиболее эффективной тактикой коррекции системы при выявлении отклонений является использование кап увеличенной толщины на последующем этапе лечения (эффективность 90,9%).



3. Медианный шаг появления незначительных отклонений (РЗ «1») – 12-й шаг лечения – является оптимальной точкой для проведения обязательного планового 3D-анализа с целью своевременной коррекции и предотвращения значительных отклонений, требующих ревизии плана лечения (refinement). Дополнительный повторный контроль следует проводить не менее чем через 6 шагов для оценки динамики лечения при традиционном подходе, не менее чем через 9 шагов – для оценки динамики лечения при модернизированном подходе.
4. Полученные результаты подтверждают целесообразность интеграции разработанного модернизированного подхода в клиническую практику для повышения предсказуемости и эффективности лечения системой ортодонтических капп.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ministry of Health of the Republic of Belarus. *Resolution No. 84*. 2022, August 10. National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus. Retrieved. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22238833p> (accessed August 27, 2025).
2. Timchuk Y.I., Titkova V.V. Treatment of anterior mandibular crowding with clear aligners considering optimal dental arch form parameters. *Stomatolog*. 2023;3(50):54–58. doi: 10.32993/dentist.2023.3(50).4. (in Russian)
3. Abela S. Digital orthodontic model creation. In: *Digital orthodontics*. Cham: Springer; 2025. P. 47–59. doi: 10.1007/978-3-031-49051-6_5
4. Adel S.M., Vaid N.R., El-Harouni N., Kassem H., Zaher A.R. Digital model superimpositions: Are different software algorithms equally accurate in quantifying linear tooth movements? *BMC Oral Health*. 2022;22:103. doi: 10.1186/s12903-022-02123-4
5. Asiri S.N., Tadlock L.P., Buschang P.H. The prevalence of clinically meaningful malocclusion among US adults. *Orthodontics & Craniofacial Research*. 2019;22(4):321–328. doi: 10.1111/ocr.12328
6. Haoouli N., Kravitz N.D., Vaid N.R., Ferguson D.J., Makki L. Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2020;158(3):420–425. doi: 10.1016/j.jajodo.2019.12.015
7. Kravitz N.D., Dalloul B., Aba Zaid Y., Shah C., Vaid N.R. What percentage of patients switch from Invisalign to braces? A retrospective study evaluating the conversion rate, number of refinement scans, and length of treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2021;159(4):453–460. doi: 10.1016/j.jajodo.2020.09.024
8. Kusaibati A.M., Sultan K., Hajeer M.Y., Gkantidis N. Digital setup accuracy for moderate crowding correction with fixed orthodontic appliances: A prospective study. *Progress in Orthodontics*. 2021;22(1):21. doi: 10.1186/s40510-021-00367-7
9. Marinelli G., Inchingolo A.M., Inchingolo A.D., Ferrante L., Avantario P., Campanelli M., Palermo A., Inchingolo F., Dipalma G. Temporary anchorage devices in clear aligner therapy: A systematic review. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(15):4902. doi: 10.3390/jcm12154902
10. Rossini G., Parrini S., Castorfflorio T., Deregibus A., Debernardi C.L. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. *Angle Orthodontist*. 2015;85(5):881–889. doi: 10.2319/061614-436.1
11. Weir T., Meade M. J. Optimising clear aligner therapy: What current evidence says about materials, attachments, and protocols. *Australian Dental Journal*. 2021;66(S1):58–68. doi: 10.1111/adj.12808
12. Zhang X., Wang Y., Li J., Chen Y., Liu H. Effect of material composition and thickness of orthodontic aligners on the transmission and distribution of forces: An in vitro study. *Progress in Orthodontics*. 2024;28:258. doi: 10.1186/s40510-024-00528-6