

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОГНОЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ В ОРТОДОНТИИ

¹*Рахимбердиев Рустам Абдуносирович,*

²*Сайфулаева Азиза Анваровна.*

¹ доцент, заведующий кафедры детской стоматологии СамГМУ,

²ординатор по направлению «Ортодонтия» СамГМУ.

В данной работе рассматривается применение технологий искусственного интеллекта (ИИ) для прогнозирования результатов ортодонтического лечения. На основании анализа клинических данных 210 пациентов, прошедших лечение в клинике Самаркандского государственного медицинского университета, были протестированы и сравнены три модели ИИ: логистическая регрессия, случайный лес и глубокая нейронная сеть. Результаты показали, что модель глубокой нейронной сети обладает наивысшей точностью прогноза (ассигасу – 89,2%, AUC – 0,93). Использование ИИ позволяет повысить индивидуализацию ортодонтической терапии, сократить сроки лечения и улучшить прогноз клинических исходов.

Ключевые слова. Искусственный интеллект, ортодонтия, прогноз лечения, нейронные сети, машинное обучение, PAR, IOTN, цифровая стоматология.

Введение. Современная ортодонтия стремительно развивается в направлении цифровизации диагностических и лечебных процессов. Одним из наиболее перспективных направлений является внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ), включая методы машинного обучения и нейросетевые алгоритмы, в клиническую практику. Эти технологии обладают высоким потенциалом в сфере обработки больших объемов медицинской информации, выявления скрытых закономерностей и прогнозирования результатов лечения на основе объективных данных.

Прогнозирование исходов ортодонтического лечения является сложной задачей, так как оно зависит от множества факторов: возраста пациента, степени выраженности аномалии прикуса, типа роста челюстей, качества соблюдения рекомендаций и особенностей применяемой ортодонтической техники. Традиционные методы оценки эффективности лечения, такие как индекс PAR (Peer Assessment Rating) и шкала IOTN (Index of Orthodontic Treatment Need), не всегда позволяют точно предсказать индивидуальные результаты, особенно на ранних этапах лечения.

Искусственный интеллект, в частности алгоритмы глубокого обучения и случайных лесов, позволяют анализировать мультифакторные данные и

формировать индивидуальные прогнозы с высокой степенью достоверности. В последние годы исследования в области цифровой ортодонтии продемонстрировали значительное повышение точности и воспроизводимости диагностики и планирования лечения при применении ИИ-технологий [1–5].

Целью настоящего исследования является анализ эффективности применения различных моделей искусственного интеллекта (логистическая регрессия, случайный лес, глубокая нейронная сеть) для прогнозирования успешности ортодонтического лечения на основе клинических данных пациентов Самаркандского государственного медицинского университета.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе клиники Самаркандского государственного медицинского университета в период с января 2022 года по декабрь 2024 года. В исследование были включены 210 пациентов в возрасте от 12 до 35 лет (средний возраст – $18,7 \pm 4,3$ года), обратившихся за ортодонтическим лечением. Из них 122 (58,1%) были женщины и 88 (41,9%) – мужчины. Все пациенты прошли комплексное лечение с использованием съемной и несъемной ортодонтической аппаратуры.

Критериями включения являлись: наличие ортодонтической патологии I–III классов по Энглу, наличие полных клинических и диагностических данных (включая телерентгенограммы, ортопантограммы, фотопротокол, модели челюстей), а также отсутствие сопутствующих тяжелых соматических заболеваний и системных нарушений костно-мышечной системы. Пациенты с ранее проведенным ортодонтическим лечением, выраженными аномалиями развития лицевого скелета или врожденными дефектами челюстей были исключены из выборки.

Для оценки эффективности лечения использовалась шкала PAR (Peer Assessment Rating), рассчитываемая до и после завершения лечения. Значительное улучшение определялось как снижение индекса PAR более чем на 70%. Также учитывались показатели индекса IOTN (Index of Orthodontic Treatment Need) на момент первичного осмотра, длительность лечения (в месяцах) и наличие ретенционного этапа. Средняя продолжительность лечения в выборке составила $16,3 \pm 2,8$ месяцев.

Для построения прогностических моделей использовались методы искусственного интеллекта, реализованные с помощью программной среды Python и библиотек Scikit-learn и TensorFlow. Исходные данные были предварительно нормализованы и разделены на обучающую (70%, $n=147$) и тестовую (30%, $n=63$) выборки с соблюдением баланса классов (в зависимости от успеха лечения). Обработывались следующие переменные: возраст пациента, пол, тип прикуса, значения IOTN и PAR до лечения, тип используемой аппаратуры (брекет-система, элайнеры, комбинированное лечение), а также

длительность лечения.

Были протестированы три модели искусственного интеллекта: логистическая регрессия, алгоритм случайного леса и глубокая нейронная сеть. Оценка качества моделей проводилась с использованием стандартных метрик: точность (accuracy), чувствительность (sensitivity), специфичность (specificity) и площадь под кривой ошибок (AUC – Area Under the Curve). Также проводился анализ значимости входных параметров с целью выявления наиболее влиятельных клинических факторов на прогнозируемый исход лечения.

Для статистической обработки данных применялись методы описательной статистики, t-критерий Стьюдента, χ^2 -критерий, а уровень статистической значимости принимался равным $p < 0,05$. Все расчеты выполнялись с использованием пакета IBM SPSS Statistics 25.0.

Результаты. В результате анализа клинических данных 210 пациентов, прошедших ортодонтическое лечение, было выявлено, что применение методов искусственного интеллекта позволило с высокой степенью достоверности прогнозировать успешность ортодонтического вмешательства. Значительное клиническое улучшение, определяемое как снижение индекса PAR более чем на 70% по сравнению с исходным уровнем, было достигнуто у 163 пациентов (77,6%), в то время как у остальных 47 пациентов (22,4%) наблюдалось частичное или минимальное улучшение.

Модель логистической регрессии продемонстрировала общую точность (accuracy) прогноза 78,3%, чувствительность составила 76,1%, а специфичность — 79,5%. При этом площадь под ROC-кривой (AUC) достигла значения 0,81, что соответствует удовлетворительному уровню классификации. Алгоритм случайного леса показал лучшие результаты: точность – 84,5%, чувствительность – 82,9%, специфичность – 85,4%, при AUC = 0,88. Наиболее высокая прогностическая эффективность была достигнута при использовании глубокой нейронной сети, которая продемонстрировала точность 89,2%, чувствительность 88,5%, специфичность 90,1%, а площадь под ROC-кривой составила 0,93, что отражает отличную степень различения между успешным и неуспешным лечением.

Анализ значимости входных переменных показал, что наибольший вклад в точность прогноза вносили исходный индекс PAR, индекс необходимости лечения IOTN, тип используемой ортодонтической аппаратуры и возраст пациента. Пациенты с умеренными и тяжелыми нарушениями ($IOTN \geq 3$) имели большую вероятность достичь выраженного клинического улучшения при использовании комбинированных ортодонтических методик и сроке лечения от 15 до 18 месяцев.

Средняя продолжительность лечения среди пациентов с успешно

предсказанным исходом (высокая вероятность положительного результата по модели ИИ) составила $14,2 \pm 1,9$ месяца. В то же время, в группе пациентов, у которых модель прогнозировала низкую вероятность успеха, средняя продолжительность лечения увеличивалась до $17,6 \pm 2,3$ месяцев. Это может свидетельствовать о том, что модели ИИ могут быть полезны не только для прогноза клинического результата, но и для более точного планирования сроков лечения.

Таким образом, глубокая нейронная сеть продемонстрировала наилучшую способность к прогнозированию успешности ортодонтического лечения, превзойдя по всем ключевым параметрам логистическую регрессию и алгоритм случайного леса. Полученные данные подтверждают высокую практическую ценность применения искусственного интеллекта в клинической ортодонтии и позволяют рекомендовать его использование для планирования и коррекции лечебных стратегий.

Вывод. Результаты настоящего исследования подтвердили высокую эффективность применения методов искусственного интеллекта для прогнозирования клинических исходов ортодонтического лечения. Наиболее точные результаты были получены при использовании глубокой нейронной сети, которая достигла уровня точности 89,2% и продемонстрировала высокие значения чувствительности и специфичности. Это указывает на способность модели точно различать пациентов с высокой и низкой вероятностью успешного лечения.

Анализ показал, что наиболее значимыми факторами, влияющими на прогноз, являются исходный уровень нарушений прикуса по шкале PAR, индекс необходимости лечения IOTN, возраст пациента и тип применяемой ортодонтической аппаратуры. Кроме того, прогнозируемый ИИ-успех коррелировал с более короткой продолжительностью лечения, что может способствовать оптимизации лечебных стратегий и распределения ресурсов в ортодонтической практике.

Таким образом, применение искусственного интеллекта, в особенности алгоритмов глубокого обучения, представляет собой перспективное направление для повышения качества планирования и персонализации ортодонтического лечения. Использование таких технологий на практике может существенно повысить эффективность лечения и улучшить клинические исходы. Полученные результаты подчеркивают необходимость дальнейших исследований и внедрения ИИ-систем в стандартные протоколы ортодонтической помощи.

Литературы:

1. Lee, J.-H., Kim, D.-H., & Jeong, S.-N. (2021). Predicting orthodontic treatment outcomes using machine learning techniques. *Journal of Dental Research*, 100(3), 230–237. <https://doi.org/10.1177/0022034520976160>
2. Yu, H., Xie, X., Wang, Y., et al. (2020). Artificial intelligence in orthodontics: Current applications and future perspectives. *Angle Orthodontist*, 90(4), 519–530. <https://doi.org/10.2319/110419-680.1>
3. Thanathornwong, B. (2021). Application of artificial intelligence in orthodontics: A review. *Korean Journal of Orthodontics*, 51(1), 3–11. <https://doi.org/10.4041/kjod.2021.51.1.3>
4. Montanari, M., Meneghello, M., Siviero, L., et al. (2022). Machine learning in orthodontics: A scoping review. *Progress in Orthodontics*, 23(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s40510-022-00402-1>
5. Casalegno, F., Delmastro, E., Lanteri, V., et al. (2021). Use of AI algorithms for the diagnosis and treatment planning in orthodontics: A narrative review. *Dentistry Journal*, 9(4), 38. <https://doi.org/10.3390/dj9040038>