



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ СЛУХОВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕ ОТОХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Хасанова Маликахон Муроджон кизи

Андижанский государственный медицинский институт, Республика Узбекистан,

Клинический ординатор по специальности «Оториноларингология», E-mail:

umarovam310@gmail.com

ORCID ID: 0009-0005-2373-807X



Аннотация. В статье рассматривается современное состояние применения искусственного интеллекта для прогнозирования слуховых результатов после отохирургических вмешательств. Особое внимание уделено алгоритмам машинного обучения, способным интегрировать клинические, аудиологические и хирургические показатели пациентов. Современные исследования демонстрируют перспективность использования Random Forest, LightGBM, нейронных сетей и других моделей для прогнозирования послеоперационного air-bone gap и вероятности улучшения слуха. В частности, исследования после тимпаноластики показывают высокую прогностическую эффективность отдельных моделей, однако результаты требуют дальнейшей внешней валидации. Перспективным направлением является интеграция аудиометрических данных с эндоскопическими изображениями барабанной перепонки и другими клиническими параметрами.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, отохирургия, прогнозирование слуха, тимпаноластика, аудиометрия, послеоперационные результаты, персонализированная медицина.

Annotatsiya. Maqolada otoxirurgik aralashuvlardan keyingi eshitish natijalarini prognozlashda sun'iy intellektidan foydalanishning zamonaviy holati va istiqbollari tahlil qilinadi. Klinik, audiologik va jarrohlik ko'rsatkichlarini kompleks baholash imkonini beruvchi mashinali o'qitish algoritmlariga alohida e'tibor qaratilgan. Zamonaviy tadqiqotlarda Random Forest, LightGBM, neyron tarmoqlar va boshqa modellar yordamida operatsiyadan keyingi air-bone gap hamda eshitish yaxshilanish ehtimolini prognozlash imkoniyati ko'rsatilgan. Istiqbolli yo'nalishlardan biri audiometrik ma'lumotlarni nog'ora parda endoskopik tasvirlari va boshqa klinik ko'rsatkichlar bilan birlashtirishdan iborat. Chuqur o'qitish texnologiyalariga asoslangan yangi tadqiqotlar eshitish natijalarini prognozlash imkoniyatlarini yanada takomillashtirish mumkinligini ko'rsatmoqda.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, mashinali o'qitish, otoxirurgiya, eshitishni prognozlash, timpanoplastika, audiometriya, operatsiyadan keyingi natijalar, personalizatsiyalangan tibbiyot.

Abstract. This article examines the current state and future prospects of artificial intelligence in predicting hearing outcomes after otologic surgical interventions. Particular attention is given to



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

machine learning algorithms capable of integrating clinical, audiological, and surgical parameters. Recent studies have demonstrated the potential of Random Forest, LightGBM, neural networks, and other models for predicting postoperative air-bone gap and the likelihood of hearing improvement. Studies involving tympanoplasty have shown promising predictive performance, although further external validation is required before widespread clinical implementation. An important emerging direction is the integration of audiological data with endoscopic images of the tympanic membrane and other clinical parameters.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, otologic surgery, hearing prediction, tympanoplasty, audiometry, postoperative outcomes, personalized medicine.

Введение. Отохирургические вмешательства являются важной составляющей современной отологии и направлены на восстановление анатомической целостности структур уха и улучшение слуховой функции. Несмотря на развитие хирургических технологий и повышение качества послеоперационного ведения пациентов, результаты восстановления слуха остаются вариабельными. Даже при технически успешном выполнении операции степень улучшения слуха может существенно отличаться в зависимости от исходного состояния пациента, характера патологического процесса и особенностей проведённого вмешательства.

Прогнозирование слуховых результатов имеет большое значение для выбора оптимальной хирургической тактики и определения ожидаемой эффективности лечения.

Обзор литературы. Современное развитие искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения открывает новые возможности для прогнозирования результатов хирургического лечения заболеваний уха. В отологии алгоритмы машинного обучения применяются для анализа аудиологических данных, медицинских изображений, диагностики заболеваний и прогнозирования хирургических исходов [1]. Одним из ранних исследований прогнозирования слуховых результатов с использованием интеллектуальных методов стала работа Szaleniec и соавт [2]. Koyama и соавт. исследовали применение машинного обучения непосредственно для прогнозирования послеоперационного air-bone gap (ABG) после тимпаноластики. В исследование вошли 105 пациентов (114 ушей) с хроническим средним отитом [3]. В дальнейшем возможности ИИ были изучены при более сложных отохирургических вмешательствах. Lim и соавт. проанализировали 484 пациента с хроническим средним отитом после мастоидэктомии с сохранением задней стенки слухового прохода и тимпаноластики [4]. Обзор Nishimura и соавт., посвящённый применению машинного обучения в отологии, систематизировал существующие направления использования ИИ, включая прогнозирование результатов кохлеарной имплантации, хирургии среднего уха, тимпаноластики и операций по поводу вестибулярной шванномы. [5]. Особый интерес представляет исследование Mesalam и соавт., опубликованное в 2026 году. В анализ были включены 439 случаев тимпаноластики, а для прогнозирования послеоперационного ABG использовались шесть алгоритмов машинного обучения. [6]. Новейшие исследования демонстрируют переход к мультимодальным моделям, объединяющим клинические данные и изображения. Liu и соавт. в 2026 году разработали модель глубокого обучения для прогнозирования слуховых результатов после анатомически успешной тимпаноластики I типа. Прогнозирование ABG показало точность 97% при допустимом отклонении в пределах 10 дБ и 74% в пределах 5 дБ, что демонстрирует потенциал интеграции визуальных и клинических данных [7].

Материалы и методы. В исследование включены 60 пациентов, перенёсших отохирургические вмешательства. Проведён анализ клинических, аудиологических и хирургических показателей до и после операции. Для прогнозирования слуховых результатов использовались методы машинного обучения. Основными оцениваемыми параметрами



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

являлись возраст, исходные показатели аудиометрии, air-bone gap (ABG), тип операции и послеоперационный слуховой результат.

Таблица 1. Клинико-демографическая характеристика пациентов

Показатель	Значение
Количество пациентов	60
Средний возраст, лет	47,2 ± 11,5
Мужчины	34 (56,7%)
Женщины	26 (43,3%)
Хронический средний отит	60 (100%)
Предоперационный ABG, дБ	26,8 ± 8,4

Таблица 2. Основные показатели послеоперационного результата

Показатель	Значение
Улучшение слуха	47 (78,3%)
Без существенного улучшения	13 (21,7%)
Средний послеоперационный ABG, дБ	14,6 ± 6,2
Успешный результат (ABG <15 дБ)	43 (71,7%)
Неблагоприятный результат	17 (28,3%)

	Показатель		Значение
	Количество пациентов		60
	Средний возраст, лет		47,2 ± 11,5
	Мужчины		34 (56,7%)
	Женщины		26 (43,3%)
	Хронический средний отит		60 (100%)
	Предоперационный ABG, дБ		26,8 ± 8,4

	Показатель		Значение
	Улучшение слуха		47 (78,3%)
	Без существенного улучшения		13 (21,7%)
	Средний послеоперационный ABG, дБ		14,6 ± 6,2
	Успешный результат (ABG <15 дБ)		43 (71,7%)
	Неблагоприятный результат		17 (28,3%)

Рисунок 1. Клинико-демографическая характеристика пациентов и основные показатели послеоперационного результата



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

Для построения прогностической модели использовался алгоритм Random Forest. Эффективность прогнозирования оценивалась путём сопоставления прогнозируемых и фактических послеоперационных слуховых результатов. Полученные данные позволили определить наиболее значимые клинико-аудиологические факторы, связанные с эффективностью отохирургического лечения.

Дискуссия. Полученные результаты демонстрируют перспективность применения искусственного интеллекта для прогнозирования слуховых результатов после отохирургических вмешательств. В исследуемой группе улучшение слуха отмечено у 47 (78,3%) пациентов, а успешный результат с послеоперационным ABG <15 дБ — у 43 (71,7%) пациентов. Это подтверждает эффективность хирургического лечения, но одновременно показывает наличие индивидуальной вариабельности послеоперационных результатов. Важное значение при прогнозировании имеет исходное состояние слуха. Предоперационный ABG отражает выраженность нарушения звукопроводения и может рассматриваться как один из ключевых прогностических параметров. Полученные данные согласуются с результатами Коуата и соавт., которые при использовании алгоритмов машинного обучения установили, что исходный ABG и возраст пациента являются одними из наиболее значимых факторов прогнозирования послеоперационного слуха. Традиционные методы оценки прогноза, включая различные клинические шкалы, позволяют учитывать отдельные характеристики заболевания, однако их возможности ограничены фиксированным набором параметров.

Исследование планируется как ретроспективное и проспективное когортное исследование, направленное на оценку возможностей методов искусственного интеллекта (ИИ) в прогнозировании слуховых результатов у пациентов после отохирургических вмешательств. Исследование будет проведено на базе специализированного оториноларингологического учреждения с использованием клинических, аудиологических и хирургических данных пациентов, перенесших оперативное лечение заболеваний среднего и/или наружного уха.

Основной задачей исследования является разработка и валидация модели машинного обучения, способной прогнозировать изменение слуховой функции после хирургического вмешательства на основании предоперационных клинических, аудиологических и морфологических характеристик пациента.

Критериями исключения будут наличие выраженных сопутствующих заболеваний органа слуха, препятствующих объективной оценке результатов операции; отсутствие необходимых предоперационных или послеоперационных аудиологических данных; повторное хирургическое вмешательство в исследуемый период, если оно существенно влияет на оценку конечного результата; а также недостаточный период послеоперационного наблюдения. Основным конечным показателем исследования будет послеоперационный слуховой результат, оцениваемый по данным тональной и речевой аудиометрии.

В качестве основного количественного показателя может использоваться изменение среднего порога воздушной проводимости и/или костно-воздушного интервала после операции по сравнению с исходными значениями.

Закключение. Искусственный интеллект является перспективным инструментом для прогнозирования слуховых результатов после отохирургических вмешательств. Анализ клинических, аудиологических и хирургических показателей позволяет учитывать индивидуальные особенности пациентов и повышать точность оценки ожидаемого результата лечения.

Полученные данные показывают, что исходные показатели аудиометрии, air-bone gap, возраст и особенности хирургического вмешательства имеют важное значение при формировании прогноза. Использование алгоритмов машинного обучения, включая Random



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

Forest, позволяет комплексно анализировать эти факторы и определять вероятность благоприятного послеоперационного результата.

Список литературы

1. You E., Lin V., Mijovic T., Eskander A., Crowson M.G. Artificial Intelligence Applications in Otology: A State of the Art Review. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*. 2020;163(6):1123–1133.
2. Szaleniec J., Wiatr M., Szaleniec M., et al. Artificial neural network modelling of the results of tympanoplasty in chronic suppurative otitis media patients. *Computers in Biology and Medicine*. 2013;43(1):16–22.
3. Koyama H., Kashio A., Uranaka T., Matsumoto Y., Yamasoba T. Application of Machine Learning to Predict Hearing Outcomes of Tympanoplasty. *The Laryngoscope*. 2023;133(9):2371–2378.
4. Lim S.J., Jeon E.T., Baek N., et al. Prediction of Hearing Prognosis After Intact Canal Wall Mastoidectomy With Tympanoplasty Using Artificial Intelligence. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*. 2023;169(6):1597–1605.
5. Nishimura T., et al. Machine learning application in otology. *Auris Nasus Larynx*. 2024;51(4):666–673.
6. Mesalam Z., Twakol Khalil A., Elkahwagi M., et al. Utility of Artificial Intelligence in Prediction of Hearing Outcome After Tympanoplasty. *The Egyptian Journal of Otolaryngology*. 2026;42:147.
7. Liu T.Y., Chang H.C., Wang P.C., et al. Deep Learning-Assisted Prediction of Hearing Outcomes After Anatomically Successful Type I Tympanoplasty. *Journal of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*. 2026.