

## УДК 616.31

### **Кяров Жамбот Суфьянович**

ассистент института стоматологии и  
челюстно-лицевой хирургии,

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова  
kyarov89@mail.ru

### **Кишева Сатаней Суфьяновна**

ассистент института стоматологии и  
челюстно-лицевой хирургии,

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова  
Ksata8811@mail.ru

### **Жанимова Ляна Руслановна**

ассистент института стоматологии и  
челюстно-лицевой хирургии,

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова  
zhanimova.lyana@yandex.ru

### **Якименко Ольга Ростиславовна**

студент, кафедра стоматологии,  
Санкт-Петербургский государственный  
медицинский университет им. Павлова  
olya-yakimenko@mail.ru

### **Сергеев Юрий Андреевич**

аспирант кафедры общей практики и детской стоматологии,  
Ставропольский государственный медицинский университет  
[Serg\\_yuriy@mail.ru](mailto:Serg_yuriy@mail.ru)

### **Zhambot S. Kyarov**

Assistant at the Institute of Dentistry and  
Maxillofacial Surgery o  
f the Kabardino-Balkar State University named after H. M. Berbekov  
kyarov89@mail.ru

### **Sataney S. Kisheva**

Assistant at the Institute of Dentistry and Maxillofacial  
Surgery of the Kabardino-Balkar State University named after H. M. Berbekov  
Ksata8811@mail.ru

### **Liana R. Zhanimova**

Assistant at the Institute of Dentistry and  
Maxillofacial Surgery  
of the Kabardino-Balkar State University named after H. M. Berbekov  
zhanimova.lyana@yandex.ru

### **Olga R. Yakimenko**

Student, Department of Dentistry,  
St. Petersburg State Medical University named after Pavlova  
olya-yakimenko@mail.ru

### **Yuri A. Sergeev**

postgraduate student of the Department  
of General Practice and Pediatric Dentistry,  
Stavropol State Medical University  
Serg\_yuriy@mail.ru

## **ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ**

### **APPLICATION OF DEVELOPMENTS IN THE FIELD OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DENTAL PRACTICE**

***Аннотация.** В статье рассматриваются особенности применения разработок в области искусственного интеллекта (ИИ) в стоматологической практике. Авторы приходят к выводу о том, что на сегодняшний день количество реализованных в данной области разработок стремится к увеличению, что свидетельствует о высоком уровне интереса к проблеме у научного сообщества. Возможности, которые может открыть перед стоматологией ИИ и робототехника, достаточно широкие, по этой причине важную роль здесь будет играть не только теоретический анализ проблемы, но и обмен опытом и совместные практические разработки специалистов IT-сферы и врачей-стоматологов.*

***Ключевые слова:** стоматологическая практика, искусственный интеллект, робототехника, разработки, высокие технологии.*

***Annotation.** The article discusses the features of the application of developments in the field of artificial intelligence (AI) in dental practice. The author comes to the conclusion that today the number of developments implemented in this area tends to increase, which indicates a high level of interest in the problem among the scientific community. The opportunities that AI and robotics can open up for dentistry are quite wide, for this reason, an important role here will be played not only by a theoretical analysis of the problem, but also by the exchange of experience and joint practical developments of IT specialists and dentists.*

***Keywords:** dental practice, artificial intelligence, robotics, developments, high technologies.*

В современной стоматологической практике на сегодняшний день находят применение разработки в области искусственного интеллекта и робототехники. Особую актуальность данные разработки получили в период развития пандемии, связанной с распространением коронавирусной инфекции, поскольку такие технологии позволяют осуществить различные медицинские манипуляции в рамках физического дистанцирования врачей-стоматологов[1].

Однако основная роль данных технологий состоит не только в том, чтобы снизить уровень распространения как коронавирусной, так и других инфекций, но и в том, чтобы реализовать возможности врачей-стоматологов

в области применения высоких технологий в медицинской практике и, как следствие, повысить качество лечебных манипуляций.

Робототехника в стоматологии, по сравнению с общей медициной, находится в относительном зачаточном состоянии. Однако ряд направлений в этой области все же получил реализацию[2].

Одна группа исследователей разработала ортодонтического робота для изгиба арочной проволоки на основе операционной системы робота (ROS). Рядом с более традиционными буккальными ортодонтическими приборами, также используется технология автоматизированного изготовления ортодонтических приспособлений [4].

Некоторыми авторами предлагаются различные методы того, как роботизированные технологии могут быть использованы для демонстрации плана лечения пациенту посредством вилеотехнологий. Также, одним из методов является косвенная методика, при которой робот помогает в создании направляющих сверл для хирурга, которые он будет использовать при работе с имплантатами. Данную манипуляцию предлагается выполнять при помощи отдельной координатно-измерительной машины, прикрепленной как к роботу, так и к челюсти или непосредственно с помощью компьютерного зрения.

Также, имеются разработки, посвященные теле-роботизированным системам, в которых изучалась тактильная обратная связь во время сверления имплантатов. Разработка сверхкороткоимпульсной лазерной роботизированной системы, управляемой роботом, для подготовки мест имплантации была описана исследовательской группой, участвовавшей в использовании комбинации робота и лазера для восстановительной стоматологии [7].

Большинство статей, посвященных имплантологии и стоматологической хирургии, посвящены хирургии твердых тканей. Недавняя статья российской исследовательской группы презентовала разработку прототипа зонда, определяющего контакт мягких тканей, необходимый для (диодной) лазерной хирургии мягких тканей. В другом исследовании робот описывался как часть измерительной установки, позволяющей проводить углубленный анализ движений во время процедур удаления зубов. Данные используются для моделирования процедуры, как в научных, так и в образовательных целях.

Ряд исследований были направлены на разработку моделей ИИ для прогнозирования успеха имплантации с использованием более широкого спектра моделей ИИ по сравнению с применением ИИ для распознавания имплантатов. Основными используемыми моделями ИИ были регрессионный анализ (классификация с помощью векторной машины), обучение дерева решений, логистическая регрессия и нейронная сеть-классификатор.

Модели прогнозирования основаны на кластеризации данных и исследовании структурных свойств сети данных, генерируемых сложными

соотношениями демографических, рентгенологических и клинических переменных.

Таким образом, алгоритм прогнозирования ИИ собран на основе предоставленных входных данных.

В большинстве включенных исследований использовались демографические данные, физические и внутриротовые условия, образ жизни, анатомическое состояние области установки имплантата, установка имплантата с костной пластикой или без нее, уровень костной ткани вокруг имплантата, измеренный с помощью периапикальных рентгенограмм, или характеристики протеза в качестве входных данных[9].

В ряде исследований применялись модели ИИ для оптимизации конструкции имплантата с использованием метода анализа конечных элементов (FEA).

Другие авторы заменили модель FEA алгоритмом искусственного интеллекта для вычисления напряжения на границе раздела имплантат-кость путем учета трех переменных конструкций имплантата, а именно длины имплантата, длины резьбы и шага резьбы. Модель искусственного интеллекта стремилась оптимизировать параметры конструкции имплантата, чтобы минимизировать напряжение на границе имплантат-кость. Результаты этого исследования показали снижение напряжения на границе раздела имплантат-кость на 36,6% по сравнению с моделью FEA[4].

Практически все авторы позитивно оценили возможность применимости моделей ИИ для оптимизации конструкций имплантатов, однако все признают необходимость проведения дальнейшего исследования в рамках оптимизации расчетов в разрезе применения ИИ при проектировании имплантатов и оценки результатов в исследованиях *in vitro*, на животных и клинических исследованиях[6].

Будущие направления в стоматологии имплантатов могут объединить ККТ-сканирование с данными рентгенографического изображения, чтобы помочь в анализе данных и повысить точность распознавания типа имплантата.

Модели ИИ обладают потенциалом для распознавания типа имплантата, прогнозирования успеха имплантации с использованием факторов риска пациента и критериев онтологии, а также оптимизации конструкции имплантатов, но они, все еще, находятся в стадии разработки. Поскольку его применение в имплантологии быстро расширяется, эффективность и надежность моделей ИИ должны быть оценены, прежде чем рекомендовать их для клинической практики[8].

В рамках протезирования зубов был описан процесс разработки робота-автомата для установки зубных протезов исследователями в Восточном Китае. Его цель состояла в том, чтобы автоматически вставлять искусственные зубы в зубную дугу для изготовления полных зубных протезов в зависимости от размера дуги пациента. Были проведены ограниченные эксперименты в лабораторных условиях.

Другая исследовательская группа сообщила о разработке и результатах испытаний «интеллектуального стоматологического робота» для тестирования полных зубных протезов. Его цель состояла в том, чтобы воспроизвести жевательные движения человека и провести тест на стресс и износ искусственных зубных протезов. Эксперименты проводились в лабораторных условиях[3].

Робототехника в области восстановительной стоматологии является относительно новой. В частности, в научной литературе было сообщено о разработке автоматического робота для подготовки зубов к протезированию с использованием лазеров со сверхкороткими импульсами. Самая последняя версия робота состояла из автоматизированной системы проектирования и производства (CAD/CAM), системы позиционирования зуба и роботизированной руки 6-DoF, управляющей положением лазерной системы. Подготовка полной коронки производилась послойно, эксперименты осуществлялись внутри фантомной модели, чтобы показать ее клинический потенциал.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что применение технологий ИИ и робототехники в стоматологии имеет высокие перспективы. На сегодняшний день количество реализованных в данной области разработок стремится к увеличению, что свидетельствует о высоком уровне интереса к проблеме у научного сообщества. Возможности, которые может открыть перед стоматологией ИИ и робототехника, достаточно широкие, по этой причине важную роль здесь будет играть не только теоретический анализ проблемы, но и обмен опытом и совместные практические разработки специалистов IT-сферы и врачей-стоматологов.

### ***Литература***

1. *Итинсон К. С. Искусственный интеллект как перспективная технология в области медицинского образования и медицины // КНЖ. 2020. №2 (31).*
2. *Казумян С.В., Деггев И.А., Борисов В. В., Ершов К. А. Виртуальные технологии в стоматологии // Вестник Авиценны. 2020. №4.*
3. *T.C.T. van Riet, W.M. de Graaf, R. van Antwerpen, J. van Frankenhuyzen, J. de Lange, J. Kober Robot technology in analyzing tooth removal — a proof of concept Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc (2020), pp. 4721-4727*
4. *A. Eliasson, A. Ortorp The accuracy of an implant impression technique using digitally coded healing abutments Clin Implant Dent Relat Res, 14 (2012), pp. e30-e38*
5. *S. Abe, N. Noguchi, Y. Matsuka, C. Shinohara, T. Kimura, K. Oka, et al. Educational effects using a robot patient simulation system for development of clinical attitude Eur J Dent Educ, 22 (3) (2018), pp. e327-e336*
6. *J. Grischke, L. Johannsmeier, L. Eich, L. Griga, S. Haddadin Dentronics: towards robotics and artificialintelligence in dentistry Dent Mater (2020), p. 14*

7. F.S. Yuan, J.Q. Zheng, Y.P. Zhang, Y. Wang, Y.C. Sun, P.J. Lyu  
*Preliminary study on the automatic preparation of dental implant socket controlled by micro-robot Chin J Dent Res, 53 (8) (2018), pp. 524-528*
8. T.L. Smith, B. Kusnoto, M.T. Galang-Boquiren, E. BeGole, A. Obrez  
*Mesiodistal tip and faciolingual torque outcomes in computer-driven orthodontic appliances J World Fed Orthod, 4 (2) (2015), pp. 63-70*
9. P.S. Moser Accuracy and deviation analysis of static and robotic guided implant surgery: a case study *Int J Oral Maxillofac Implants, 35 (5) (2020), pp. e86-e90*

#### **Literature**

1. Itinson K. S. Artificial intelligence as a promising technology in the field of medical education and medicine // *KNZH. 2020. №2 (31).*
2. Kazumyan S. V., Deggev I. A., Borisov V. V., Yershov K. A. Virtual technologies in dentistry // *Avicenna Bulletin. 2020. No. 4.*
3. T. K. T. van Riet, W. M. de Graaf, R. van Antwerp, J. van Frankenhuisen, J. de Lange, J. Kober Robotics in the analysis of tooth Extraction-Proof of Concept of the *IEEE Eng Med Biol Soc Conference (2020), pp. 4721-4727*
4. A. Eliasson, A. Ortorp Accuracy of the implant impression technique using digitally encoded healing abutments *Clin Implant Dent Relat Res, 14 (2012), pp. e30-e38*
5. S. Abe, N. Noguchi, Yu. Matsuka, S. Shinohara, T. Kimura, K. Oka, etc. Educational effects using the system simulation of the patient-robot for the development of the clinical relationship *Eur J Dent Education, 22 (3) (2018), p. e327-e336*
6. John. Grishka, L. Johannsmeier, L. Eich, L. Grieg, C. Haddadin *Dendroica: towards robotics and artificial intelligence in dentistry Dent Mater (2020), p. 14*
7. F. S. Yuan, J. To. Zheng, Y. P. Zhang, Y. Wang, Y. S. Song, P. J. Lu  
*Preliminary study automatic provisioning nests dental implant-driven microrobot Chin J Dent Res, 53 (8) (2018), pp. 524-528*
8. T.L. Smith, Kusnoto B., M. T. Galang-Boquiren, E. BeGole, A. bleed the Council mesiodistal and faciolingual torque results in computer orthodontic appliances *j world fed Orthod, 4 (2) (2015), pp. 63-70*
9. Page Sec. Moser Accuracy and Deviation Analysis of Static and robotic Surgical Operations for implantation *Int J type study in oral Maxillofac Implants, 35 (5) (2020), pp. e86-E90*