

DOI: <https://doi.org/10.60797/VMED.2024.3.3>

ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ УМНЫХ КОНТАКТНЫХ ЛИНЗ

Научная статья

Воробьев А.Е.¹, Воробьев К.А.^{2,*}

¹ ORCID : 0000-0002-7324-428X;

² ORCID : 0000-0002-5792-3979;

¹ Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д.Миллионщикова, Грозный, Российская Федерация

² Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (k.vorobyev98[at]mail.ru)

Аннотация

Представлена история становления и развития умных контактных линз, начиная с 1508 г. Дано понятие человеческому глазу и его функциям. Показано, что в настоящее время на рынке офтальмологической продукции представлены контактные линзы для коррекции различных аномалий рефракции: близорукости, дальнозоркости, астигматизма, пресбиопии и пр. Отмечено, что катаракта, глаукома и диабетическая ретинопатия затрагивают 2,2 млрд человек во всем мире. Дано определение контактных линз и области применения. При этом по различным признакам контактные линзы подразделяются на мягкие, жесткие, газопроницаемые, пролонгированного ношения и одноразовые. С конца 2000-х годов была разработана технология мониторинга внутриглазного давления глаукомы (представляющая одну из основных причин слепоты), требующая регулярного контроля внутриглазного давления умными контактными линзами, со встроенными датчиками давления. В течение 2010-х годов появились значительные технологии, обеспечивающие возможности биологического зондирования организма человека. Установлено, что в настоящее время разрабатываются контактные линзы, которые содержат наноструктуры и оснащены встроенной микроэлектроникой, которая позволяет им выполнять функции, выходящие за рамки коррекции зрения пользователя.

Ключевые слова: контактные линзы, умные устройства, история, становление, развитие.

HISTORY OF THE EMERGENCE AND DEVELOPMENT OF SMART CONTACT LENSES

Research article

Vorobev A.Y.¹, Vorobyev K.A.^{2,*}

¹ ORCID : 0000-0002-7324-428X;

² ORCID : 0000-0002-5792-3979;

¹ Grozny State Petroleum Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, Grozny, Russian Federation

² Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (k.vorobyev98[at]mail.ru)

Abstract

The history of the emergence and development of smart contact lenses since 1508 is presented. The concept of the human eye and its functions is given. It is shown that nowadays the ophthalmological market offers contact lenses for correction of various refractive anomalies: myopia, hyperopia, astigmatism, presbyopia etc. It is noted that cataract, glaucoma and diabetic retinopathy affect 2.2 billion people worldwide. The definition of contact lenses and areas of application are provided. Contact lenses are classified into soft, rigid, gas-permeable, prolonged wear and disposable ones. Since the late 2000s, technology has been developed to monitor the intraocular pressure of glaucoma (being a major cause of blindness), requiring regular monitoring of intraocular pressure by smart contact lenses, with inbuilt pressure sensors. During the 2010s, significant technologies have emerged that provide biological sensing capabilities for the human body. It has been established that contact lenses are being developed that contain nanostructures and have inbuilt microelectronics that enable them to perform functions beyond correcting the user's vision.

Keywords: contact lenses, smart devices, history, emergence, development.

Введение

Человеческий глаз — весьма сложный орган, который предоставляет в мозг важную физиологическую информацию посредством своей богатой библиотеки метаболитов. Так, поверхность роговицы уникальным образом представляет собой удобный и неинвазивный интерфейс для физиологических условий в организме человека. Глаза напрямую связаны с мозгом, печенью, сердцем, легкими и почками и, таким образом, могут служить окном в организм человека.

В настоящее время во всем мире наблюдается значительный рост числа нарушений зрения. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), нарушение зрения происходит вследствие нескорректированной рефракции, заболевания поверхности глаза, инфекционного заболевания роговицы, кератоконуса, возрастной дегенерации желтого пятна, синдрома сухого глаза, кератита и др. При этом катаракта, глаукома и диабетическая ретинопатия затрагивают 2,2 млрд человек во всем мире.

В настоящее время на рынке офтальмологической продукции (следует отметить, что 253 млн. человек во всем мире живут с серьезной формой нарушения зрения – вследствие катаракты, диабетической ретинопатии, дегенерации

желтого пятна, глаукомы и отслоения сетчатки) представлены контактные линзы для коррекции различных аномалий рефракции: близорукости, дальнозоркости, астигматизма, пресбиопии и пр.

Методологическую основу такой работы составляют:

1. Философский метод, на котором базируются полученные аналитические зависимости, выводы и теории развития современных технологий «smart-медицины».
2. Общенаучный метод, на базе которого осуществляется научный анализ мировой практики и опыта перехода на повсеместное распространение технологий smart-медицины.
3. Классификационно-сравнительный метод, позволяющий с научной точки зрения рассмотреть наиболее перспективные направления smart-медицины.

Основная часть

2.1. Определение контактных линз и области применения

Контактные линзы представляют тонкие офтальмологические устройства, которые могут быть частично или полностью оптически прозрачными.

В настоящее время контактные линзы используются для многих целей, в том числе для лечения нарушений зрения (путем коррекции показателя рефракции), доставки терапевтических препаратов, обеспечения диагностики (путем исследования аналитов слезы) и протезирования (для косметических целей).

По различным признакам контактные линзы подразделяются на мягкие, жесткие, газопроницаемые, пролонгированного ношения и одноразовые.

2.2. История становления и развития умных контактных линз

Контактные линзы прошли довольно долгий путь с момента своего первого изобретения, эволюционировав от жестких и неудобных конструкций до современных мягких линз, которые в настоящее время во всем мире используют миллионы людей. Контактные линзы уже давно используются для коррекции зрения или изменения цвета глаз пользователя [7], но новые технологические достижения сделали их следующим рубежом инноваций.

Первая идея контактных линз, основанная на изменении оптической силы роговицы, была выдвинута Леонардо да Винчи и описана им в «Кодексе Глаза» в 1508 г.

В 1636 г. Декарт предложил другой инструмент, основанный на коррекции зрения, помещенный в прямой контакт с роговицей.

И хотя ни одна из этих идей не была практически применима [6], [9], [10], они мотивировали выдвижение концепции заполненного жидкостью «глазного стакана», разработанного Томасом Янгом в 1801 году. Это устройство, хотя оно и было предназначено для исследования механизмов accommodation глаза, являлось предшественником появления контактных линз различного назначения.

В 1827 г. сэр Джон Гершель, британский астроном, усовершенствовал прототип Юнга, разработав принципы для лучшего соответствия реальному человеческому глазу [4], [5], [8]. Его идеи включали «сферическую стеклянную капсулу, наполненную животным железом» и «форму» пригодными для улучшения частных систем отслеживания в здравоохранении.

В 1887 г. была изготовлена из стекла первая практическая контактная линза, применимая для здоровья человека, и подогнаны так, чтобы покрывать весь глаз. Эти ранние линзы были жесткими и создавали проблемы с комфортом и возможностью ношения.

В 1939 г. произошел значительный прорыв, когда контактные линзы были изготовлены из пластиковых материалов, что повысило комфорт и удобство использования.

В 1948 г. чешские химики Отто Вихтерле и Драшослав Лим изобрели воздухопроницаемый пластиковый материал, что привело к разработке мягких контактных линз, которые покрывали только роговицу. Эти мягкие линзы произвели революцию в этой области и позволили увеличить время их ношения пациентом без особых проблем со здоровьем.

В период до 2000-х годов была разработана и реализовывалась идея интеграции датчиков в контактные линзы для медицинских целей, которая заложила основу для будущих инновационных и наукоемких разработок.

В начале 2000-х гг. в офтальмологии стали реализовываться достижения, полученные в области биосенсорных технологий (особенно в области микроэлектроники и миниатюризации датчиков), которые открыли новый путь для разработки интеллектуальных контактных линз.

В это период исследователи начали изучать возможность встраивания датчиков (которые подключены к микроэлектронике, которая обрабатывает данные и передает их по беспроводной связи на внешние устройства для анализа организма человека) в контактные линзы для мониторинга различных физиологических параметров.

В середине 2000-х годов были разработаны технологии непрерывного мониторинга уровня глюкозы в жидких выделениях человеческого глаза.

Одно из самых ранних и самых известных применений интеллектуальных контактных линз было в области управления диабетом. Исследователи начали разрабатывать различные прототипы, которые могли бы непрерывно контролировать уровень глюкозы в слезах, предлагая неинвазивную альтернативу традиционным методам взятия крови из пальца. Это ознаменовало значительный шаг на пути к улучшению качества жизни людей, больных диабетом.

Значительный технологический прорыв произошел, когда умные контактные линзы доказали значительную способность помочь в диагностике и клиническом лечении современных глазных заболеваний [1], [2].

Для этого они имеют сенсорные устройства для проверки характеристик глаза, включая внутриглазное давление (ВГД) и состав глазной жидкости. Кроме того, они предоставляют ценную статистику состояния организма пациентов для последующего анализа и лечения современных заболеваний (включая глаукому, кератит и диабет).

С конца 2000-х годов была разработана технология мониторинга внутриглазного давления глаукомы (представляющая одну из основных причин слепоты), требующая регулярного контроля внутриглазного давления умными контактными линзами, со встроенными датчиками давления. В результате возникло как решение,

позволяющее непрерывно для биосенсорных приложений и без необходимости инвазивного вмешательства осуществлять мониторинг. Эта разработка продемонстрировала инженерам и специалистам в области здравоохранения значительный потенциал интеллектуальных контактных линз в решении критически важных потребностей и проблем здравоохранения, выходящие за рамки лечения диабета.

В течение 2010-х годов появились значительные технологии, обеспечивающие возможности биологического зондирования организма человека. Так, достижения в области сенсорных технологий, благодаря которым интеллектуальные микродатчики, встроенные в линзы, могут устанавливать и анализировать различные заболевания, сделали контактные линзы более сложными и точными.

Современная концепция интеллектуальных контактных линз представляет собой следующий значительный скачок в их технологии. Так, в настоящее время разрабатываются контактные линзы, которые содержат наноструктуры и оснащены встроенной микроэлектроникой, которая позволяет им выполнять функции, выходящие за рамки коррекции зрения пользователя.

Миниатюризация датчиков, улучшение используемых материалов и улучшенные возможности обработки получаемых данных способствовали разработке более надежных и удобных в использовании интеллектуальных контактных линз [3].

По мере развития технологий применение интеллектуальных технологий контактные линзы расширились за пределы анализа глюкозы, а также неинвазивного и непрерывного мониторинга и измерения внутриглазного давления. Исследователи изучили возможность обнаружения различных биомаркеров, связанных с различными медицинскими состояниями организма человека. Это требование к интеллектуальным контактным линзам в биосенсорной диверсификации технологических приложений открыло возможности персонализированного мониторинга состояния здоровья пациента и раннего выявления заболеваний.

Заключение

Практически 500-летнее развитие контактных линз привело к устройствам, которые способны не только корректировать зрение пользователя заменяя более традиционные очки, но и к устройствам, обладающим определенным интеллектом: способным самостоятельно снимать необходимые показания состояния организма пользователя и осуществлять первичные лечебные мероприятия.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Воробьев А.Е. Инженерный путь развития цифровой smart-медицины / А.Е. Воробьев [и др.]. — Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 200 с.
2. Воробьев А.Е. Развитие электронной smart-медицины в XXI веке / А.Е. Воробьев, Д.М. Раимбекова, С.С. Кадырбекова. — Москва : Спутник, 2022. — 85 с.
3. Воробьев А.Е. Республика Узбекистан: возможности становления теории и практики smart-медицины / А.Е. Воробьев, А.А. Сидиков, М.К. Карабаев [и др.]. — Фергана : Classic, 2023. — 280 с.
4. Harris A. The future of contact lenses: what's on the horizon? / A. Harris. — URL: <https://dailyeyewear Digest.com/the-future-of-contact-lenses-whats-on-the-horizon> (accessed: 07.10.2024).
5. Maeng B. Photonic crystal-based smart contact lens for continuous intraocular pressure monitoring / B. Maeng, H.-K. Chang, J. Park // Lab on a Chip. — 2020. — Iss. 10. — DOI: 10.1039/C9LC01268K.
6. Kharaghani D. Development of antibacterial contact lenses containing metallic nanoparticles / D. Kharaghani, D. Dutta, P. Gitigar // Polymer Testing. — 2019. — Vol. 79. — DOI: 10.1016/j.polymertesting.2019.106034.
7. Keum D.H. Wireless smart contact lens for diabetic diagnosis and therapy / D.H. Keum, S.-K. Kim, J. Koo [et al.] // Sci. Adv. — 2020. — Vol. 6. — 3252 p.
8. Brighty S.J. Smart contact lens for bio sensing applications revolutionizing healthcare monitoring / S.J. Brighty, R. Kavitha // International Journal of Science, Engineering and Technology. — 2024. — 12:1.
9. Toffoletto N. Therapeutic ophthalmic lenses : a review / N.Toffoletto, B. Saramago, A.P. Serro // Pharmaceutics. — 2021. — Vol. 13. — № 36. — DOI: 10.3390/pharmaceutics13010036.
10. Torun H. Microfluidic contact lenses for ocular diagnostics and drug delivery / H. Torun, B. Fazla, S. Arman [et al.] // Nano Select. — 2023. — Vol. 4. — 79 p. — DOI: 10.1002/nano.202200202.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vorobiev A.E. Inzhenernyj put' razvitiya cifrovoj smart-mediciny [Engineering path to the development of digital smart medicine] / A.E. Vorobyov [et al.]. — Moscow; Vologda : Infra-Engineering, 2023. — 200 p. [in Russian]
2. Vorobiev A.E. Razvitie jelektronnoj smart-mediciny v XXI veke [Development of electronic smart medicine in the 21st century] / A.E. Vorobyov, D.M. Raimbekova, S.S. Kadyrbekova. — Moscow : Sputnik, 2022. — 85 p. [in Russian]

3. Vorobiev A.E. Respublika Uzbekistan: vozmozhnosti stanovlenija teorii i praktiki smart-mediciny [Republic of Uzbekistan: possibilities for developing the theory and practice of smart medicine] / A.E. Vorobyov, A.A. Sidikov, M.K. Karabaev [et al.]. — Fergana : Classic, 2023. — 280 p. [in Russian]
4. Harris A. The future of contact lenses: what's on the horizon? / A. Harris. — URL: <https://dailyeyewear Digest.com/the-future-of-contact-lenses-whats-on-the-horizon> (accessed: 07.10.2024).
5. Maeng B. Photonic crystal-based smart contact lens for continuous intraocular pressure monitoring / B. Maeng, H.-K. Changa, J. Park // *Lab on a Chip*. — 2020. — Iss. 10. — DOI: 10.1039/C9LC01268K.
6. Kharaghani D. Development of antibacterial contact lenses containing metallic nanoparticles / D. Kharaghani, D. Dutta, P. Gitigar // *Polymer Testing*. — 2019. — Vol. 79. — DOI: 10.1016/j.polymertesting.2019.106034.
7. Keum D.H. Wireless smart contact lens for diabetic diagnosis and therapy / D.H. Keum, S.-K. Kim, J. Koo [et al.] // *Sci. Adv.* — 2020. — Vol. 6. — 3252 p.
8. Brighty S.J. Smart contact lens for bio sensing applications revolutionizing healthcare monitoring / S.J. Brighty, R. Kavitha // *International Journal of Science, Engineering and Technology*. — 2024. — 12:1.
9. Toffoletto N. Therapeutic ophthalmic lenses : a review / N.Toffoletto, B. Saramago, A.P. Serro // *Pharmaceutics*. — 2021. — Vol. 13. — № 36. — DOI: 10.3390/pharmaceutics13010036.
10. Torun H. Microfluidic contact lenses for ocular diagnostics and drug delivery / H. Torun, B. Fazla, S. Arman [et al.] // *Nano Select*. — 2023. — Vol. 4. — 79 p. — DOI: 10.1002/nano.202200202.