



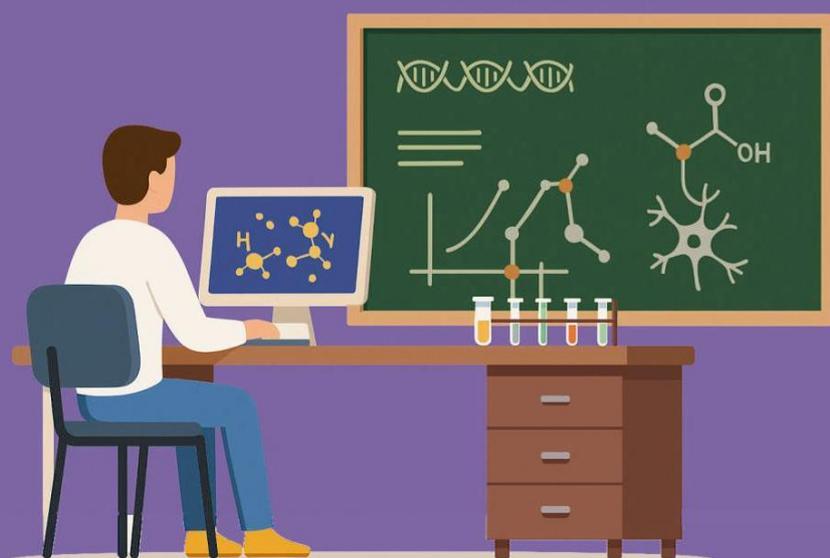
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

V ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

«ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ ОСНОВЫ
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ»

посвящённая 75-летию РязГМУ на Рязанской земле



29-30 АПРЕЛЯ 2025
РЯЗАНЬ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

СБОРНИК ДОКЛАДОВ
V Всероссийской конференции студентов
и молодых ученых
с международным участием

***«Естественнонаучные основы
медико-биологических знаний»***

посвященной 75-летию РязГМУ на Рязанской земле

Рязань, 29-30 апреля 2025 г.

Рязань, 2025

УДК 61(071)+61:378

ББК 5+74.58

С232

Редакционная коллегия:

Авачева Т.Г., кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой математики, физики и медицинской информатики

Ельцов А.В., доктор педагогических наук, профессор кафедры математики, физики и медицинской информатики

Кривушин А.А., старший преподаватель кафедры математики, физики и медицинской информатики

С232 Сборник докладов V Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием «Естественнонаучные основы медико-биологических знаний», посвященной 75-летию РязГМУ на Рязанской земле (Рязань, 29-30 апреля 2025 г.) / ред. кол.: Т.Г. Авачева, А.В. Ельцов, А.А. Кривушин; ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России. – Рязань: ОТСиОП, 2025. – 160 с.

ISBN 978-5-8423-0326-7

Сборник подготовлен на основе докладов V Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием «Естественнонаучные основы медико-биологических знаний», посвященной 75-летию РязГМУ на Рязанской земле, состоявшейся 29-30 апреля 2025 года в ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России.

Сборник рекомендован к изданию решением Научно-планового совета ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России от 26.06.2025 г., протокол № 10

УДК 61(071)+61:378
ББК 5+74.58

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА ТУБЕРКУЛЕЗА У ПАЦИЕНТОВ С ХОБЛ

С.Н. Котляров, Д.Н. Оськин, Е.В. Алмазова
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

Схожесть клинической картины и рентгенологических признаков затрудняет своевременную диагностику туберкулеза у пациентов с ХОБЛ, что приводит к задержке терапии и ухудшению прогноза для больного. Профилактировать коморбидность также затруднительно из-за отсутствия в настоящий момент эффективных методов скрининга и прогнозирования туберкулеза у людей с ХОБЛ. Кроме того, в случае коморбидности необходимо учитывать взаимодействие между противотуберкулезными препаратами и средствами для терапии ХОБЛ, что подчеркивает необходимость комплексного и индивидуального подхода в каждом конкретном случае. Система поддержки врачебных решений может помочь в прогнозировании риска присоединения туберкулеза у пациентов с ХОБЛ, используя клинические, эпидемиологические и лабораторные данные.

Ключевые слова: ХОБЛ, туберкулез, система поддержки врачебных решений, коморбидность.

CREATION OF A MEDICAL DECISION SUPPORT SYSTEM TO ASSESS THE RISK OF TUBERCULOSIS IN PATIENTS WITH COPD

S.N. Kotlyarov, D.N. Oskin, E.V. Almazova
Ryazan State Medical University, Ryazan

The similarity of the clinical picture and radiological signs makes it difficult to diagnose tuberculosis in patients with COPD in a timely manner, which leads to a delay in therapy and a worse prognosis for the patient. It is also difficult to prevent comorbidity due to the current lack of effective methods for screening and predicting tuberculosis in people with COPD. In addition, in the case of comorbidity, it is necessary to take into account the interaction between anti-tuberculosis drugs and COPD therapies, which emphasizes the need for an integrated and individual approach in each case. A medical decision support system can help predict the risk of tuberculosis infection in patients with COPD using clinical, epidemiological, and laboratory data.

Keywords: COPD, tuberculosis, medical decision support systems, comorbidity.

Сочетание хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) и туберкулеза является значимой проблемой для здравоохранения, особенно в регионах с высокой заболеваемостью туберкулезом. У пациентов с ХОБЛ отмечается снижение общего и местного иммунитета, структурные изменения в легких, что создает благоприятные условия для заражения *Micobacterium tuberculosis*. Такие факторы риска, как курение, злоупотребление алкоголем, нерациональное питание, неблагоприятные социально-экономические условия, также способствуют развитию коморбидности ХОБЛ и туберкулеза [3, 5].

Разработка систем поддержки врачебных решений (СПВР) для пациентов с коморбидностью ХОБЛ и туберкулеза может повысить качество оказания медицинской помощи. Такие системы смогут анализировать клинические, лабораторные и инструментальные данные, улучшая диагностику и оценку

рисков развития коморбидности. Они также будут предоставлять персонализированные рекомендации по лечению пациентов [4].

СПВР – это алгоритмы, помогающие врачам принимать решение на основе данных пациентов. Их эффективность зависит от достоверности, полноты и актуальности исходной информации. Данные берутся из электронных медкарт, исследований и клинических рекомендаций. Интеграция с медицинскими информационными системами (МИС) позволяет сделать рекомендации индивидуализированными для конкретного пациента [2]. Поскольку СПВР используют конфиденциальную информацию о здоровье пациентов, их применение требует соблюдения строгих стандартов безопасности, что законодательно закреплено в России [1].

Для проверки гипотезы о более тяжелом течении ХОБЛ и туберкулеза при их коморбидности был проведен ретроспективный анализ 3 групп пациентов: первую группу составлял 51 пациент с ХОБЛ без туберкулеза, вторую – 47 пациентов с туберкулезом без ХОБЛ, третью – 42 пациента с коморбидностью ХОБЛ и туберкулеза. Критериями отбора для участников стали возраст более 18 лет, полный набор клинических, лабораторных и инструментальных данных. Из отобранных пациентов исключались лица с онкологическими заболеваниями или сопутствующей ВИЧ-инфекцией, с тяжелой сердечно-сосудистой патологией и лица с атипичными формами ХОБЛ и туберкулеза. Это было сделано с целью обеспечения однородности выборки для достоверного сравнения исходов.

Для сравнительного анализа были выбраны клинические симптомы, рентгенологические данные и исходы лечения. Среди клинических симптомов ключевой оказалась одышка. Для нее были продемонстрированы значимые различия между группами ($p = 0,034$). Кашель, боль в груди и кровохарканье показали незначимые различия между группами.

При сравнении рентгенологических данных признаки эмфиземы были обнаружены у 49% в первой группе, 12,8% во второй группе и 50% в третьей группе пациентов. Фиброзные изменения были выявлены у 23,5% у пациентов только с ХОБЛ, 59,6% у пациентов только с туберкулезом и у 76,2% у коморбидных пациентов с ХОБЛ и туберкулезом, а полостные образования у 9,8% в первой группе, 31,9% во второй группе и 42,9% в третьей группе. Таким образом, в группе коморбидных пациентов чаще встречаются структурные изменения согласно рентгенологическим данным.

При оценке исходов лечения оценивалась продолжительность госпитализации, которая в первой группе составила 20,5 дней, во второй – 45,3 дней, в третьей – 100,1 день, и смертность, которая оказалась 0% в первых двух группах и 9,5% у коморбидных пациентов. На основании полученных данных можно сделать выводы о более тяжелом клиническом течении коморбидности ХОБЛ и туберкулеза и более высоком риске неблагоприятного прогноза у таких пациентов.

Эти результаты подчеркивают необходимость разработки и внедрения СПВР для быстрого своевременного выявления ТБ у пациентов с ХОБЛ с целью улучшения прогноза течения коморбидности.

Предлагается модель поддержки клинических решений для терапевтов и пульмонологов, которые ведут пациентов с ХОБЛ. Она направлена на оценку риска коморбидности ХОБЛ и туберкулеза. Входными данными являются клинические симптомы, данные спирометрия, лабораторные и рентгенологические данные, а также анамнез курения. К выходным данным относятся уровень риска и рекомендации по дальнейшим действиям, в том числе проведению скрининга на туберкулез. К критериям стратификации риска относятся кашель продолжительностью более 8 недель, одышка ($mMRC \geq 2$), $ОФВ1 < 50\%$, стаж курения ≥ 20 пачка-лет, наличие фиброзных изменений легочной ткани по рентгенологическим данным. За каждый положительный признак начисляется 1 балл, после чего формируются категории риска: 0-1 балл низкий риск, 2-3 балла средний риск, 4-5 баллов высокий риск. При среднем и высоком риске необходимо провести анализ мокроты на микобактерию туберкулеза (МБТ), а также выполнить компьютерную томографию (КТ) грудной клетки с целью поиска очагов распада или фиброза легочной паренхимы. При подтверждении бактериовыделения МБТ пациент сразу считается коморбидным по ХОБЛ и туберкулезу и нуждается в коррекции терапии и консультации фтизиатра. В случае отрицательного результата на МБТ в мокроте и при наличии изменений на КТ необходимо исключить другие вероятные патологии легких и продолжать мониторинг симптомов и $ОФВ1$.

Таким образом, разработанная модель поддержки врачебных решений помогает врачам анализировать вероятность сочетания ХОБЛ и туберкулеза, способствует раннему выявлению коморбидности и своевременной коррекции терапии, что улучшает прогноз для пациентов с ХОБЛ и туберкулезом. Однако для подтверждения ее клинической ценности и успешного внедрения в практическое звено здравоохранения требуется проведение дальнейших исследований на более представительных выборках.

Список литературы:

1. Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 N 152-ФЗ (последняя редакция) / КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/?ysclid=m7oojaabxw787251548 (дата обращения: 28.02.2025).
2. Chen Z. [и др.]. Harnessing the power of clinical decision support systems: challenges and opportunities // *Open Heart*. – 2023. – № 2(10). – С. e002432.
3. Da Jung Kim [и др.] Metabolic Fingerprinting Uncovers the Distinction Between the Phenotypes of Tuberculosis Associated COPD and Smoking-Induced COPD // *Frontiers in Medicine*. – 2021. – № 8.
4. Department of Computer Science, Adeyemi College of Education, Ondo, Nigeria, Iroju O.G., Olaleke J.O. A Systematic Review of Natural Language Processing in Healthcare // *International Journal of Information Technology and Computer Science*. – 2015. – № 8(7). – С. 44–50.
5. Zeng Z. [и др.]. Associations of prior pulmonary tuberculosis with the incident COPD: a prospective cohort study // *Therapeutic Advances in Respiratory Disease*. – 2024. – № 18. – С. 1–14.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА

Е.В. Моос¹, Е.Н. Моос²

МБОУ «Школа № 57», г. Рязань (1)

ФГБОУ ВО РГУ имени С.А. Есенина, г. Рязань (2)

Вариабельность сердечного ритма как показателя воздействия внешней и внутренней сред может служить требованием для изменений в образовательной среде. Подход развит для количественных показателей функционального состояния обучаемых.

Ключевые слова: вариабельность ритма, учебный процесс, стресс.

FUNCTION STATE AND EDUCATION MEDIUM

E.V. Moos¹, E.N. Moos²

MBOU "School No. 57", Ryazan (1)

Ryazan State University named after S.A. Yesenin, Ryazan (2)

Heart rate variability as an indicator of the impact of external and internal environments can serve as a requirement for changes in the educational environment. The approach is developed for quantitative indicators of the functional state of schoolboys.

Keywords: heart rate variability, educational process, stress.

Оценка функциональных возможностей обучаемых и анализ его адаптационных характеристик на основе количественного инструментального метода в процессе обучения актуальна в связи с ростом информационной нагрузки и официально признанным процентом абсолютно здоровых учащихся (не более 10% школьников по данным Министерства образования РФ). Это определяет специфику инноваций в образовательной среде всех уровней.

Технологии здоровьесбережения особо значимы в период демографического кризиса, доминирующего не только в нашей стране, но на европейском пространстве. Это определяет актуальность развития нового инструментального подхода, включая систему профессиональной ориентации обучаемых.

Системы организма человека должны регулироваться так, чтобы сохранялось стабильное внутреннее равновесие при постоянно изменяющихся внешних условиях. Объективным индикатором такой устойчивости принято считать вариабельность частоты пульса системы кровообращения [1, 2].

В работе представлена попытка дифференцированного анализа адаптационных возможностей и стрессовой устойчивости школьников средних и старших классов с помощью инструментального метода комплекса «Варикард» российской компании «Рамена» Ю.Н. Семенова [3, 4]. Комплекс способен измерять 40 параметров испытуемого базируясь на вариабельности сердечного ритма. В этом подходе представляется удобным деление состояния диагностируемых на три условных уровня: «норма», «ниже нормы» и «выше нормы», что позволяет характеризовать функциональное состояние человека с точки зрения риска развития болезни.

В основе анализа функционального состояния старшеклассников (9, 10 и 11 классы) взяты, на наш взгляд, такие наиболее репрезентативные показатели:

частота сердечных сокращений (частота пульса), стресс-индекс и среднее статистическое отклонение от моды частоты пульса. (Школьников 9 класса принято относить к подростковому, а 11 класса к юношескому периоду.)

По результатам диагностики строились гистограммы для каждого из вышеперечисленных измеряемых показателей. На всех гистограммах центральным являлся показатель, соответствующий состоянию «норма», слева от него – «ниже нормы», а справа – «выше нормы».

На основании этих показателей делались выводы о функциональном состоянии, которые определяли физиологическую норму, донозологическую норму (поддержание жизнедеятельности более высоким напряжением регуляторных систем), преморбитные состояния (начало возможного развития заболевания) и срыв адаптации (запуск механизма заболеваний).

В частности, проведенные на базе 57 школы города Рязани исследования выявили ряд особенностей в характере изменения частоты ритма сердечного сокращения (рисунок 1) по половозрастному признаку у школьников 9 класса (средний возраст 15 лет), 10 класса (средний возраст 16,5 лет) и 11 класса (средний возраст 17,5 лет).

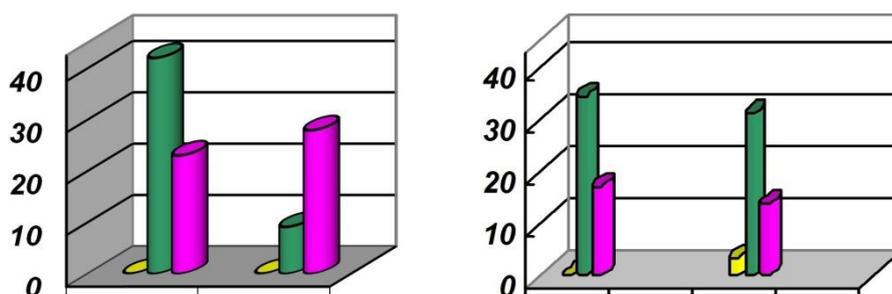


Рис. 1. Основные показатели вариабельности сердечного ритма:
9 класс (гистограммы слева), 11 класс (гистограммы справа);
левые столбцы – девушки, правые – юноши

Подтверждается известный фактор снижение частоты пульса у школьников старших классов по сравнению с младшими (преобладание тахикардии у подростков – известный медицинский факт). Показано доминирование этого показателя у юношей: появление с возрастом брадикардии в группе юношей, что, вероятно, связано с более активным занятием спортом.

В целом же переход к старшей группе испытуемых характеризуется стремлением эволюции гистограмм к закону нормального статистического распределения. Показатели этой категории обследуемых с точки зрения дисперсии и математического ожидания случайных величин близки к стандартным результатам. Это следует также из полученных данных, хорошей их воспроизводимостью и согласованностью с результатами ранее проведенных нами исследований.

Сравнение перенапряжения регуляторных систем и их величина в начале и при окончании уроков по отклонению стресс-индекса от нормы существенно при выборе режима учебы и отдыха, направления профориентационной работы с учащимися.

Список литературы:

1. Григорьев А.И., Баевский Р.М. Концепция здоровья и проблема нормы в космической медицине. – М.: Слово, 2001. – 96 с.
2. Окнина Л.Б., Слезкин А.А., Вологодина Я.О., Канцерова А.О., Стрельникова Е.В., Пицхелаури Д.И. Особенности потенциала, следующего за частотой, при прослушивании «сложных» звуков у здоровых испытуемых // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 2. – С. 253–262. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ320947](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ320947).
3. Семенов Ю.Н., Баевский Р.М. Аппаратно-программный комплекс «Варикард» для оценки функционального состояния организма по результатам математического анализа ритма сердца // Вариабельность сердечного ритма. – Ижевск, 1996. – 160 с.
4. Moos E.V., Moos E.N. Functional State Hardware Evaluation System in Educational Medium // Journal Current Scientific Research. – 2022. – Vol. 1, N 3. – P. 42–48.

БИНАРНЫЕ ЗАНЯТИЯ КАК СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАПРЕДМЕТНЫХ УМЕНИЙ

Т.С. Валова¹, О.А. Валов²
МБОУ «Школа № 59», г. Рязань (1)
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань (2)

В настоящее время одним из требований, которые предъявляются к результатам образовательного процесса, является способность обучающихся использовать обобщенные способы деятельности и создавать собственные продукты для освоения знаний. Метапредметный подход позволяет открыть новые перспективы для организации такой формы образовательной деятельности. В данной статье рассмотрены бинарные занятия как один из способов формирования метапредметных умений.

Ключевые слова: бинарные занятия, метапредметные умения.

BINARY CLASSES AS A WAY OF FORMING META-SUBJECT SKILLS

T.S. Valova¹, O.A. Valov²
MBOU "School No. 59", Ryazan (1)
Ryazan State Medical University, Ryazan (2)

Currently, one of the requirements for the results of the educational process is the ability of students to use generalized methods of activity and create their own products for mastering knowledge. The meta-subject approach opens up new perspectives for the organization of this form of educational activity. This article discusses binary classes as one of the ways to form meta-subject skills.

Keywords: binary classes, meta-subject skills.

Одной из целей современного образования является развитие у обучающихся способности эффективно действовать в ситуации неопределенности на основе целостного восприятия мира.

Однако последнее время ввиду сдачи экзаменов в формате ЕГЭ очень часто учащиеся основное время уделяют только предметам, которые собираются сдавать, а на остальные практически не обращают внимание. Одной из причин снижения мотивации служит неумение учащегося работать с постоянно возрастающим объемом информации, выделением главного,

систематизацией и представлением информации. Отсюда непонимание как сохранить в памяти весь учебный материал по предметам, для чего это необходимо. В результате возникает состояние психологического дискомфорта и желание отгородиться от факторов, его вызывающих. Как результат – невыполнение заданий, снижение качества знаний по предмету. Поэтому стали возникать такие вопросы как: а зачем мне нужен этот предмет, где он мне пригодится? И одним из таких предметов, который, как многие думают, не пригодится, является физика. В настоящее время ЕГЭ по физике во многие высшие учебные заведения заменили экзаменом по информатике. Это тоже является одной из причин, почему физику для сдачи стало выбирать значительно меньшее количество выпускников.

А ведь именно физика может объяснить процессы, явления, изучаемые на других предметах, тем самым помогая понять, осознать суть происходящих процессов, объяснить, почему именно так происходит, а также прогнозировать результат. В этом и заключается суть метапредметного подхода в обучении, который направлен на устранение разобщенности знаний школьника, разделенных по отдельным предметам, и получение им представлений о целостной картине мира. В данной статье рассмотрим бинарное занятие как один из способов формирования метапредметных умений. Возможность организации метапредметного подхода разберем на примере занятия физика – биология.

В физике одним из видов проведения занятия является решение задач. И здесь существует значительное количество проблем, поскольку само условие задачи может быть представлено по-разному [1-4]. В биологии также существует довольно большое количество задач по разным разделам, и, как может показаться на первый взгляд, не связанных с физикой.

Однако, даже при решении текстовых задач появляется возможность показать учащемуся связь между физикой и биологией, например: на участок тела больного площадью $0,1 \text{ м}^2$ накладывается лечебная грязь толщиной 8 см при температуре $44 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить количество теплоты, полученной человеком, считая, что 30% ее в окружающем пространстве. Теплоемкость грязи $2800 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, ее плотность $1,4 \text{ г}/\text{см}^3$, температура тела $37 \text{ }^\circ\text{C}$. Решение данной задачи опирается на законы термодинамики. То есть можно увидеть непосредственную интеграцию знаний физических законов в решении биологических задач, что способствует формированию метапредметных умений, а именно общеучебные, междисциплинарные (надпредметные) познавательные умения и навыки.

Кроме того, применение задач с биологическим содержанием, поможет повысить мотивацию к изучению физики как науки, необходимой для объяснения биологических процессов, происходящих в организме человека, а также понимание физиотерапевтических приемов и методов лечения. Причем графические и эскизные задачи с биологическим контентом могут соответствовать различным разделам физики. Например, графическая зависимость чувствительности нормального глаза от длины световых волн, рисунок с гипо-, изо- и гипертонической средам, в которую помещали клетки и

требуется соотнести с этим процессы, которые изображены, графическая зависимость показателя преломления от концентрации раствора, построение треугольника Эйнтховена и определение угла наклона электрической оси сердца и многое другое.

Бинарные занятия – это возможность во время одного занятия изучить как физические аспекты, так и биологические, понять, что физика и биология взаимосвязаны, и знание законов физики непосредственно применяется при изучении биологии. Причем при такой форме организации занятия можно сразу показать учащимся непосредственное применение физики в биологии, разобрать примеры решения физических задач с биологическим контентом, имеющие графическую или эскизную форму представления условия. И учащийся будет одновременно понимать для чего он изучает физику, каким образом используются полученные им физические знания для решения биологических задач, и повышать успешность решения физической задачи, представленной в виде графика или эскиза. И если смотреть более укрупненно, то бинарные занятия способствуют формированию таких метапредметных умений, как умение проводить анализ задач и условий, в которых они реализуются, умение соотносить содержание поставленных задач с теми знаниями и навыками, которыми ученик обладает.

Таким образом, бинарные занятия способствуют развитию у обучающихся основ теоретического мышления: определение понятий, систематизация, классификация, доказательство, обобщение, то есть способности эффективно действовать в ситуации неопределенности на основе целостного восприятия мира [5, 6].

Список литературы:

1. Валова Т.С. Избранные вопросы курса физики для студентов медицинских вузов // Естественнонаучные основы медико-биологических знаний. Сборник докладов IV Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию РязГМУ. – Рязань, 2023. – С. 117–119.
2. Валова Т.С. Особенности организации занятий по дисциплине «Физика» для курсантов иностранных государств // Динамика развития системы военного образования. Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Омск, 2022. – С. 58–62.
3. Валова Т.С. Особенности организации занятий по решению физических задач для студентов медицинских вузов // Информационный обмен в междисциплинарных исследованиях II. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Рязань, 2023. – С. 187–189.
4. Валова Т.С. Роль и значение физических задач в профессиональной подготовке студентов медицинских вузов // Информационный обмен в междисциплинарных исследованиях. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2022. – С. 114–116.
5. Кривушин А.А. Применение элементов компьютерного моделирования при изучении солнечной активности с использованием интернет-технологий / А.А. Кривушин // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2016 : сборник трудов международной научно-технической и научно-методической конференции: в 4 томах, Рязань, 02–04 марта 2016 года / Рязанский государственный радиотехнический университет; Под общей редакцией О.В. Миловзорова. Том 3. – Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет, 2016. – С. 244–247. – EDN WKJPPD.

б. Каграманян И.Н., Решетников В.А., Манерова О.А., Якушина И.И., Шустикова Е.А., Исмаил-заде Н.Т. Современные тенденции развития учебной и научной дисциплины «Общественное здоровье и здравоохранение»: ее методологическая роль и интегративная функция // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 2. – С. 329–338. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ630115](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ630115).

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОФЛЮИДНЫХ СИСТЕМ В БИМЕДИЦИНЕ И БИОТЕХНОЛОГИИ

М.С. Денисова, Л.А. Иванова
ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», г. Москва

В статье представлен краткий обзор технологии микрофлюидных систем, сделаны выводы о ее преимуществах, проанализированы существующие применения микрочипов в областях клеточной биологии, фармацевтики, геномики и протеомики и сделан вывод о перспективах развития микрофлюидных технологий.

Ключевые слова: микрофлюидные системы, микрочип, диагностика, микрофлюидная проточная цитометрия.

PROSPECTS OF APPLICATION OF MICROFLUIDIC SYSTEMS IN BIOMEDICINE AND BIOTECHNOLOGY

M.S. Denisova, L.A. Ivanova
Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH), Moscow

The article provides a brief overview of microfluidic systems technology, draws conclusions about its advantages, analyzes existing applications of microchips in the fields of cell biology, pharmacy, genomics and proteomics, and concludes about the prospects for the development of microfluidic technologies.

Keywords: microfluidic systems, microchip, diagnostics, microfluidic flow cytometry.

Микрофлюидные системы – технология, позволяющая управлять микроскопическими объемами жидкости, в диапазоне от микро- до пиколитров (10^{-6} - 10^{-12} л) с помощью микрочипов – устройств с сетью узких каналов. Технология имеет ряд особенностей и преимуществ по сравнению с традиционными методами, использующие макроскопические объемы.

1. Высокая скорость реакций благодаря соотношению площади поверхности к объему.
2. За счет маленького живого сечения канала и скорости потока достигаются низкие значения числа Рейнольдса – поток строго ламинарный, что обеспечивает высокий контроль за движением и смешиванием жидкостей.
3. Низкий расход реагентов и образцов, соответственно, низкая стоимость.
4. Компактность и портативность. Возможность «прикроватной» диагностики (point-of-care), удобство в полевых исследованиях.
5. Простота автоматизации и возможность параллельного анализа.

Благодаря высокой эффективности и одновременно низкой стоимости технология микрофлюидных систем уже получила широкое применение в

различных сферах медицины, науки и производства. Постоянные исследования и инновации свидетельствуют о перспективности технологии. Анализ рынка от Data Bridge Market Research от 2024 года [10] выявил тенденции роста спроса на микрофлюидные технологии, в частности, в диагностике. Прогнозируется рост 16,85% в прогнозируемый период с 2021 по 2028 год. Объем мирового рынка микрофлюидики оценивается в 29,17 млрд долларов США в 2022 году и, по прогнозам, к 2030 году достигнет 90,26 млрд долларов США, а среднегодовой темп роста составит 15,16% с 2023 по 2030 год [6]. Ключевые факторы роста: внедрение в сферу здравоохранения, фармацевтическую промышленность. Спрос на более компактные, эффективные и недорогие системы будет стимулировать значительные инвестиции.

Далее приведены примеры использования технологии, а также перспективные направления исследования.

1. Диагностика онкологических заболеваний. Микрофлюидные технологии позволяют оптимизировать анализ на циркулирующие опухолевые клетки (ЦОК), использующийся в ранней диагностике и мониторинге рака. Преимуществами использования микрочипов являются: минимальный требуемый объем образца, высокая чувствительность, возможность изучения гетерогенности клеток, снижение стоимости за счет автоматизации процесса и возможности обнаружения ЦОК исключительно физическими методами (без использования белковых антител и аптамеров) [4, 17].
2. Микрофлюидная проточная цитометрия, помимо диагностики рака, исследуется и применяется для выявления из крови биомаркеров различных заболеваний (ВИЧ [14], бактериальные и вирусные инфекции [11], аутоиммунные заболевания, выявления минимальной остаточной болезни [8] и т. д.). Формат чипа позволяет интегрировать несколько процессов работы с жидкостью, необходимых для многоэтапных аналитических процессов, а также обеспечивает более универсальные методы обнаружения и сортировки. Технология позволяет разрабатывать портативные микрофлюидические диагностические устройства, показывающие более высокие функциональные возможности [21].
3. Микрофлюидные биосенсоры. Используются микрочипы для обнаружения патогенных бактерий, а также микрочипы с люминесцентными бактериями для экологического мониторинга загрязняющих веществ [1, 19].
4. ДНК-чипы представляют собой пластину, на которой закреплены в строгом порядке короткие олигонуклеотиды. Позволяют осуществлять высокопроизводительный анализ генов, в том числе секвенирование следующего поколения (NGS). Используется для анализа экспрессии генов, анализа связывания транскрипционных факторов [2], выявления олигонуклеотидных полиморфизмов [3]. Применяется в диагностике генетических заболеваний.
5. Доклинические испытания. Технология «Орган на чипе» – микроскопическая модель органов и систем органов, позволяющая имитировать условия окружающей среды с гораздо более высокой точностью, по сравнению с культурой клеток. Микрочипы позволяют

моделировать движение жидкости, физические и физиологические процессы. На данный момент ведутся исследования по разработке моделей сосудов [9], кишечника [13], системы из клеток бронхов, легких и печени [12] и даже мозга (исследование проникновения лекарства через гематоэнцефалический барьер) [16]. Создание рабочих моделей позволит осуществлять высокопроизводительный скрининг лекарств на стадии доклинических испытаний, а также создавать универсальные тест системы для персонализированной медицины [20].

6. Исследования указывают на возможность оптимизации и масштабирования синтеза нанополимеров [7], а также наночастиц для высокоточной доставки лекарственных форм, например, мРНК-вакцины на основе липидных наночастиц (LNP) [18].

Таким образом, микрофлюидные системы являются передовой технологией, открывающей широкие перспективы применения в таких направлениях, как разработка новых лекарств, персонализированная медицина, научные исследования. Внедрение технологии микрочипов помогает повысить эффективность экспериментальных моделей и процессов диагностики и синтеза. Микрофлюидика позволит автоматизировать проведение анализов, а также снизить временные и денежные затраты. Спектр применения технологии, охваты рынка и количество научных исследований в ближайшие годы, вероятно, будет активно увеличиваться.

Список литературы:

1. Белова А. Микрофлюидный биосенсор на основе *Helicobacter pylori*: может ли патоген приносить пользу? [Электронный ресурс] / А. Белова // Биомолекула. – 2022. – URL: <https://biomolecula.ru/turbopages.org/biomolecula.ru/s/articles/mikrofluidnyi-biosensor-na-osnove-em-helicobacter-pylori-em-mozhet-li-patogen-prinosit-polzu>.
2. Бородулин В.Б. Технология и применение ДНК-биоципов / В.Б. Бородулин, О.В. Шевченко, А.А. Свистунов // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки № 1. – 2012. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-i-primeneniye-dnk-biochipov>.
3. Галета А.А. ДНК-микрочип как эффективный молекулярный инструмент для выявления мутаций-полиморфизмов // Инновационные аспекты развития науки и техники № 2. – 2021. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dnk-mikrochip-kak-effektivnyy-molekulyarnyy-instrument-dlya-vyyavleniya-mutatsiy-polimorfizmov>.
4. Замай Т.Н. Микрофлюидные устройства в диагностике онкологических заболеваний [Электронный ресурс] / Т.Н. Замай, С.С. Замай, А.Г. Борисов // Сибирское медицинское обозрение. – 2013. – Т. 5. – С. 10–14. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikrofluidnye-ustroystva-v-diagnostike-onkologicheskikh-zabolevaniy>.
5. Занавескин М.Л. Микрофлюидика и ее перспективы в медицине [Электронный ресурс] / М.Л. Занавескин, А.А. Миронова, А.М. Попов // Молекулярная медицина. – 2012. – Т. 5. – С. 9–16. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikrofluidika-i-ee-perspektivy-v-medicine>.
6. Размер рынка микрофлюидики, доля, рост и анализ отрасли [Электронный ресурс]. – 2024. – URL: <https://www.kingsresearch.com/ru/microfluidics-market-266>.
7. Gdowski A. Optimization and scale up of microfluidic nanolipomer production method for preclinical and potential clinical trials / A. Gdowski, K. Johnson, S. Shah // J Nanobiotechnol. – 2018. – Vol. 16. – URL: <https://doi.org/10.1186/s12951-018-0339-0>.

8. Brig Dr Tathagata Chatterjee. Minimal residual disease detection using flow cytometry: Applications in acute Leukemia / Brig Dr Tathagata Chatterjee // Medical Journal Armed Forces India. – 2016. – Vol. 72. – DOI: 10.1016/j.mjafi.2016.02.002.
9. Poussin C. 3D human microvessel-on-a-chip model for studying monocyte-to-endothelium adhesion under flow – application in systems toxicology / C. Poussin, B. Kramer, H.L. Lanz et al // ALTEX – Alternatives to animal experimentation. – 2020. – Vol. 37, N 1. – P. 47–63. – DOI: 10.14573/altex.1811301.
10. Global Microfluidic Devices Market – Industry Trends and Forecast to 2028 [Electronic resource]. – 2024. – URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/ru/reports/global-microfluidic-devices-market>.
11. He J. A novel microbead-based microfluidic device for rapid bacterial identification and antibiotic susceptibility testing / J. He, X. Mu, Z. Guo et al // European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases. – 2014. – Vol. 33. – P. 2223–2230. – URL: <https://doi.org/10.1007/s10096-014-2182-z>.
12. Schimek K. Human multi-organ chip co-culture of bronchial lung culture and liver spheroids for substance exposure studies / K. Schimek, S. Frentzel, K. Luettich, D. Bovard, I. Rüttschle // Sci Rep. – 2020. – Vol. 10. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64219-6>.
13. Gijzen L. An Intestine-on-a-Chip Model of Plug-and-Play Modularity to Study Inflammatory Processes / L. Gijzen, D. Marescotti, E. Raineri // Original Research. – 2020. – P. 585–597. – URL: [https://slas-technology.org/article/S2472-6303\(22\)01070-6/fulltext](https://slas-technology.org/article/S2472-6303(22)01070-6/fulltext).
14. Watkins N. Microfluidic CD4+ and CD8+ T Lymphocyte Counters for Point-of-Care HIV Diagnostics Using Whole Blood / N. Watkins, U. Hassan // Science Translational Medicine. – 2013. – DOI: 10.1126/scitranslmed.3006870.
15. Galamb O. DNA chips for gene expression analysis and their application in diagnostics / O. Galamb, B. Molnár, Z. Tulassay // Orv Hetil. – 2003. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12635349>.
16. Libet P.A. A four-channel microfluidic model of the blood–brain and blood–cerebrospinal fluid barriers: fluid dynamics analysis / P.A. Libet, L.Y. Polynkin, M.R. Saridis et al // Micro and Nano Systems Letters. – 2024. – Vol. 12. – URL: <https://doi.org/10.1186/s40486-024-00219-9>.
17. Thendral V. Recent Advances in Microfluidic Platform for Physical and Immunological Detection and Capture of Circulating Tumor Cells / V. Thendral, M.P. Bhat // Biosensors. – 2022. – DOI: 10.3390/bios12040220.
18. Huang Y. Microfluidic synthesis of nanomaterials for biomedical applications / Y. Huang, C. Liu, J. Sun // Nanoscale Horiz. – 2023. – Vol. 8. – P. 1610–1627. – DOI: 10.1039/D3NH00217A.
19. Cao Y. Microfluidic Based Whole-Cell Biosensors for Simultaneously On-Site Monitoring of Multiple Environmental Contaminants / Y. Cao, B. Zhang, Z. Zhu // Front Bioeng Biotechnol. – 2021. – URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.be0ba718-67eb0e78-ac6f8835-74722d776562/https/www.frontiersin.org/journals/bioengineering-and-biotechnology/articles/10.3389/fbioe.2021.622108/full.
20. Аракчеев П.В., Безделов В.Л., Бурый Е.В., Семеренко Д.А., Шлеменков А.Л. 3D-окулография: новый метод определения положения в пространстве точки зрения человека // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 2. – С. 191–202. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ274768](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ274768).
21. Zhang Y. Microfluidic flow cytometry for blood-based biomarker analysis / Y. Zhang, Y. Zhao, T. Cole et al // Analyst. – 2022. – Vol. 147. – P. 2895–2917. – DOI: 10.1039/D2AN00283C.

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СИСТЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОМ ОПЛОДОТВОРЕНИИ

И.М. Белорусов¹, А.П. Пустовалов², М.В. Потапова¹
ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», г. Москва (1)
ФГБОУ ВО РГАТУ, г. Рязань (2)

В статье рассматриваются технические и функциональные особенности ультразвуковых систем, применяемых в экстракорпоральном оплодотворении. Проведено сравнение с аппаратами общего назначения, выявлены ключевые отличия в визуализации, навигации и протоколах. Обоснована необходимость применения специализированных систем для точной и воспроизводимой реализации процедур ВРТ.

Ключевые слова: ультразвук, ЭКО, фолликулометрия, трансвагинальный датчик.

TECHNICAL AND FUNCTIONAL FEATURES OF ULTRASOUND SYSTEMS USED IN IN VITRO FERTILIZATION

I.M. Belarusov¹, A.P. Pustovalov², M.V. Potapova¹
Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH), Moscow (1)
Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan (2)

The article examines the technical and functional features of ultrasound systems used in in vitro fertilization (IVF). A comparison with general-purpose ultrasound equipment is presented, highlighting key differences in imaging, guidance, and procedural protocols. The rationale for using specialized systems to ensure precise and reproducible implementation of assisted reproductive technologies is substantiated.

Keywords: ultrasound, IVF, folliculometry, transvaginal probe, imaging.

Введение. Ультразвуковая диагностика (УЗД) является неотъемлемым компонентом программ вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ), включая экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО). Современные ультразвуковые системы, используемые в репродуктологии, отличаются высокой степенью адаптированности к задачам фолликулометрии, навигации пункции и контроля переноса эмбрионов. Согласно рекомендациям рабочей группы ESHRE, точность и безопасность пункции ооцитов во многом определяются качеством визуализации и эргономикой ультразвукового оборудования [1]. УЗИ также критически важно для оценки толщины, эхогенности и перфузии эндометрия, что позволяет прогнозировать успешность имплантации эмбриона [2].

Цель исследования. Провести сравнительный анализ технических и функциональных характеристик ультразвуковых систем, используемых в протоколах ЭКО, в сопоставлении с системами общего клинического назначения.

Материалы и методы. Проведен сравнительный анализ ультразвуковых платформ, активно применяемых в клиниках ЭКО (Voluson E10 BT21, Mindray Resona 7, Samsung WS80A) и систем общего профиля (Philips Affiniti 70, Siemens Acuson NX3, GE Logiq P9). Оценивались параметры визуализации,

рабочие частоты трансвагинальных датчиков, интерфейсы навигации иглы, поддержка модулей автоматической фолликулометрии и программной документации. Используются положения клинических руководств по гинекологической сонографии и рекомендации StatPearls по репродуктивному УЗИ [3, 4].

Результаты. Ультразвуковые системы, применяемые в программах ЭКО, оснащены трансвагинальными датчиками высокой частоты (6–12 МГц), что обеспечивает точную визуализацию фолликулов диаметром от 2–3 мм. Высокая пространственная и контрастная разрешающая способность позволяет точно контролировать фолликулогенез в динамике и определять оптимальные сроки пункции. В аппаратах реализованы специализированные алгоритмы автоматизированного измерения объема фолликулов (например, SonoAVC), позволяющие отслеживать фолликулогенез в реальном времени. Эти функции отсутствуют или реализованы в ограниченном виде в системах общего назначения.

Важнейшим отличием является наличие интеграции с системами наведения иглы при аспирации ооцитов. В ЭКО-системах предусмотрены визуальные интерфейсы иглы, улучшенные отображения глубины и траектории, а также поддержка биопсийных шаблонов. Это минимизирует травматичность процедуры, снижает риск ятрогенного повреждения и повышает воспроизводимость вмешательства [1, 5]. Также обеспечивается стерильность манипуляций за счет соответствия аппаратов санитарным нормам и совместимости с одноразовыми трансдьюсерами.

Дополнительно, используется 3D/4D-визуализация для оценки структуры эндометрия, полости матки и пространственного распределения сосудистых образований. Такие режимы критичны для исключения аномалий полости, подбора момента переноса и контроля послеэмбрионального периода. Режимы цветовой и энергетической доплерографии позволяют оценивать интенсивность и направленность кровотока в строме яичников и в эндометрии. На этом основании прогнозируется не только функциональная состоятельность овариального ответа, но и потенциальная рецептивность эндометрия [2-4, 6].

Ультразвуковые системы для ЭКО также имеют расширенные функции архивации, юридической идентификации пациента и экспорт данных в DICOM-формате. Это особенно важно в условиях юридической и клинической верификации каждой стадии ВРТ: от фолликулометрии до фиксации момента переноса. Системы также должны быть эргономичными, адаптированными под работу в ограниченных по пространству условиях процедурных кабинетов, что требует высокой мобильности консоли и гибкости интерфейса [1, 7].

Заключение. Ультразвуковые аппараты, применяемые в протоколах экстракорпорального оплодотворения, представляют собой специализированные диагностические системы, адаптированные под задачи максимальной визуализации, навигации и точной оценки состояния репродуктивных органов. Отличия от систем общего назначения касаются как конструктивных характеристик, так и функциональных возможностей. Их применение в ЭКО не только повышает точность диагностики и безопасность

вмешательства, но и способствует объективизации протоколов, улучшению прогностической точности и повышению эффективности лечения бесплодия.

Список литературы:

1. ESHRE Working Group on Ultrasound in ART; D'Angelo A., Panayotidis C., Amso N., Marci R., Matorras R., Onofriescu M., Turp A.B., Vandekerckhove F., Veleva Z., Vermeulen N., Vlasisavljevic V. Recommendations for good practice in ultrasound: oocyte pick up // Hum Reprod Open. – 2019. – 2019(4): hoz 025. – DOI: 10.1093/hropen/hoz025. – PMID: 31844683; PMCID: PMC6903452.
2. Фомина В.А. Физические методы комплексной диагностики в пренатальный период / В.А. Фомина, А.А. Кривушин // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2023. – Т. 68, № S4. – С. 380. – EDN YDWBAB.
3. Chowdhury L. Ultrasonography in Gynecology / Botros R. M. B. Rizk, Elizabeth E. Puscheck (eds). Cambridge University Press, University Printing House, Cambridge CB2 8BS, United Kingdom, 2015, ISBN 978-1-107-02974-3 // J Obstet Gynaecol India. – 2015. – Vol. 65, N 1. – P. 65–66. – DOI: 10.1007/s13224-014-0662-9. Epub 2015 Feb 3. PMCID: PMC4342379.
4. Kondagari L., Kahn J., Singh M. Sonography Gynecology Infertility Assessment, Protocols, and Interpretation. – 2023. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. – PMID: 34283459.
5. Марьина Д.О. Ультразвуковая эластография в диагностике рака молочной железы / Д.О. Марьина, Ю.В. Зубцова, А.А. Кривушин // Информационный обмен в междисциплинарных исследованиях II. Взгляд начинающих ученых : Специальный сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Рязань, 14 апреля 2023 года. – Рязань: Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний, 2023. – С. 62–65. – EDN MCWJIR.
6. Кривушин А.А. Ультразвуковая визуализация в пренатальной диагностике / А.А. Кривушин, Д.О. Марьина // Информационный обмен в междисциплинарных исследованиях : Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Рязань, 18–20 октября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, 2022. – С. 105–109. – EDN JQXEIH.
7. Азнабаев Б.М., Мусина Л.А., Исмагилов Т.Н., Мухамадеев Т.Р., Дибаяев Т.И. Ультраструктурные особенности роговицы кроликов при факоэмульсификации с новым способом адаптивного управления инфузией // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 1. – С. 25–34. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ544169](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ544169).

О ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВАХ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

В.Д. Мызникова

Научный руководитель: д.п.н., профессор А.В. Ельцов
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В данной работе рассмотрены физические основы компьютерной томографии, раскрыты механизмы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом, проиллюстрированы методы восстановления структуры биологических тканей на основе индексов Хаунсфилда, описаны принципы работы современных компьютерных томографов. Показана роль изучения физических основ компьютерной томографии в формировании профессиональных компетенций у будущих специалистов в области медицины.

Ключевые слова: компьютерная томография, рентгеновское излучение, коэффициенты ослабления, индексы Хаунсфилда.

ABOUT THE PHYSICAL BASICS OF COMPUTED TOMOGRAPHY

V.D. Myznikova

Scientific supervisor: Doctor of Pedagogic Sciences, Professor A.V. Yeltsov
Ryazan State Medical University, Ryazan

This paper presents the physical foundations of computed tomography, examines the mechanisms of X-ray radiation interaction with matter, illustrates methods for restoring the structure of biological tissues based on Hounsfield indices, and describes the principles of operation of modern computed tomographs. The role of studying the physical foundations of computed tomography in the formation of professional competencies among future specialists in the field of medicine is shown.

Keywords: computed tomography, X-ray radiation, attenuation coefficients, Hounsfield indices.

Повсеместное развитие цифровых технологий в области медицины стало основой для создания компьютерной томографии (КТ), как одного из ведущих методов в лучевой диагностике. С помощью современных компьютерных томографов стало возможной визуализация практически всех кровеносных сосудов и анатомических органов. Компьютерная томография является одним из основных методов исследования головного мозга, благодаря ей произошло развитие таких методик как бронхоскопия и ларингоскопия, уретроскопия и цистоскопия, колоноскопия и другие [1]. Современные томографы используются для диагностики атеросклероза, тромбоэмболии легочных артерий, расслоения аорты, нарушений кровообращения, травм, переломов и других опасных для жизни состояний. Данные технологии за очень короткое время предоставляют возможность установить правильный диагноз и наметить пути дальнейшего лечения.

Впервые с компьютерной томографией студенты медицинского вуза знакомятся на первом курсе во время изучения физики, при рассмотрении рентгеновского излучения и возможностей его использования в медицине. Для формирования необходимых профессиональных компетенций у будущих работников сферы здравоохранения, студенты должны вникнуть в суть сложных для понимания абстрактных механизмов взаимодействия рентгеновского излучения с веществом, рассмотреть различные свойства X-лучей, показать способности интегративного мышления при оперировании знаниями из различных разделов науки. Для облегчения восприятия студентами сложных для понимания физических явлений при изучении основ компьютерной томографии необходимо продумать правильную последовательность изложения данного материала, максимально визуализировать его и сделать более понятным и доступным [2].

Вначале следует подробно рассмотреть физические механизмы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом, для этого следует на конкретных примерах проиллюстрировать зависимость интенсивности пройденного рентгеновского излучения I от рода вещества, его толщины – x и интенсивности падающего потока I_0 :

$$I = I_0 e^{-\mu x},$$

где $\mu = k \frac{Z^3}{E\gamma^3}$ – линейный коэффициент ослабления пучка фотонов X-лучей зависит от энергии фотона E_γ и заряда ядра атома вещества Z . Для одинаковых энергий падающих фотонов рентгеновского излучения линейный коэффициент ослабления для кальция μ_{Ca} , который входит в состав костей, превышает линейный коэффициент ослабления воды μ_{H_2O} , содержащейся в биологических тканях более чем в 15 раз:

$$\frac{\mu_{Ca}}{\mu_{H_2O}} = \frac{20^3}{2 \cdot 1^3 + 1 \cdot 8^3} = \frac{20^3}{2 \cdot 1^3 + 1 \cdot 8^3} = 15,6.$$

А для йода, который часто используют для контрастной рентгенографии это соотношение линейных (массовых) коэффициентов составляет 286.

$$\frac{\mu_I}{\mu_{H_2O}} = \frac{53^3}{2 \cdot 1^3 + 1 \cdot 8^3} = \frac{53^3}{2 \cdot 1^3 + 1 \cdot 8^3} = 286.$$

Это наглядно показывает, что интенсивность рентгеновских лучей экспоненциально убывает в зависимости от рода вещества и пройденного пути в поглощающем слое. Костная ткань обладает наибольшей плотностью, а значит, и поглощающей способностью, поэтому при рентгенологическом исследовании, на снимке имеется затемнение высокой интенсивности. Паренхиматозные органы также выглядят в виде затемнения, но они в 2 раза меньше задерживают рентгеновские лучи, и затемнение имеет среднюю интенсивность. Воздух практически не задерживает лучи и создает просветление.

При работе компьютерного томографа получают большое число рентгеновских снимков при движении источника X-лучей вокруг исследуемого объекта (более 30 снимков за 1 с). С помощью специальных детекторов, при определении интенсивности прошедших лучей, на основании экспоненциального закона ослабления интенсивности рентгеновских лучей были разработаны математические алгоритмы определения плотности тканей. По ним восстанавливается структура тканей, сквозь которые прошло рентгеновское излучение. Математический анализ снимков сделанных с разных сторон создает изображение среза исследуемых тканей.

В компьютерной томографии рентгеновской трубкой создается узкий веерообразный пучок лучей, рассеиваемый элементарными объемами (вокселями) исследуемого слоя. Суммарный линейный коэффициент ослабления пучка фотонов при прохождении рентгеновских лучей через n вокселей будет определяться следующим соотношением:

$$\mu_Z = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \dots + \mu_n,$$

где μ_i – линейный коэффициент ослабления пучка в каждом элементарном объеме, а интенсивность X-лучей прошедших через эти n вокселей будет равна:

$$I = I_0 e^{-\mu_Z x} = I_0 e^{-(\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \dots + \mu_n)x}.$$

Для нахождения линейных коэффициентов ослабления μ_i для каждого элементарного объема, необходимых для восстановления изображения

исследуемой структуры тканей, необходимо решить обратную задачу, методом обратного проецирования, предполагающего получение информации о характере поглощения рентгеновского излучения с нескольких различных направлений. Для примера рассмотрим слой, состоящий из четырех элементарных объемов с линейными коэффициентами ослабления $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ соответственно, который подвергается облучению X-лучами с четырех различных направлений, указанных на рисунке 1.

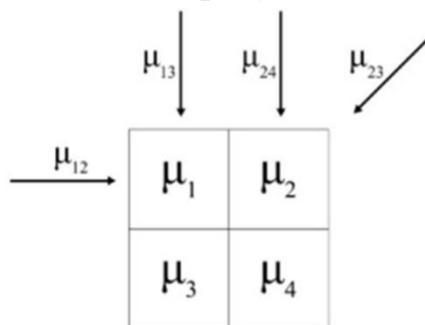


Рис. 1. Схема облучения слоя с четырех различных направлений

Зная значения суммарных линейных коэффициентов ослабления, в результате детектирования пройденного излучения $\mu_{12}, \mu_{13}, \mu_{24}, \mu_{23}$ для нахождения линейных коэффициентов ослабления $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ необходимо решить систему из четырех уравнений:

$$\begin{aligned}\mu_1 + \mu_2 &= \mu_{12}, \\ \mu_1 + \mu_3 &= \mu_{13}, \\ \mu_2 + \mu_4 &= \mu_{24}, \\ \mu_2 + \mu_3 &= \mu_{23}.\end{aligned}$$

Рассчитав эти коэффициенты ослабления для выбранных элементарных объемов $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ можно оценить пропускающую способность ткани для каждого вокселя, и по ним судить о ее структуре.

В реальности изображения в компьютерной томографии состоят из значительно большего числа элементарных микрообъемов (пикселей), не 2×2 , а например 512×512 , и коэффициенты линейного рассеивания для элементарных объемов приходится рассчитывать из соответствующего их числу количества уравнений, это возможно сделать только при наличии современных программных вычислительных комплексов [3].

В элементарном объеме линейные коэффициенты ослабления μ_i рассчитываются в единицах Хаунсфилда HU по формуле:

$$HU = 1000 \frac{\mu_i - \mu_{\text{воды}}}{\mu_{\text{воды}} - \mu_{\text{воздуха}}}.$$

Видимое изображение среза получается на основе того, что каждый пиксель отображается каким-то оттенком серого в зависимости от его плотности. Нулевое значение шкалы Хаунсфилда соответствует плотности воды, отрицательные значения этой шкалы соответствуют менее плотным, чем вода тканям: жир имеет значения от -120 до -90 HU , легкие от -150 до -400 HU , минимальное значение шкалы Хаунсфилда -1000 HU соответствует

воздуху. Положительные значения имеют более плотные, чем вода ткани: кровь от +13 до +18, серое вещество от +20 до +40, печень от +40 до +70 НУ, костная ткань от +250 и выше. Верхний предел шкалы колеблется от +1000 и выше для разных томографов. Программы для просмотров полученных изображений всегда имеют возможность вычислить среднюю плотность выделенной области, ведь отличить разницу в 10–15 НУ «на глаз» трудно, но разница эта может быть значима, например, при диагностике жирового гепатоза или степени накопления новообразованием контраста и т. д. [4].

Различные плотные органы, непрозрачные для рентгеновского излучения, могут закрывать исследуемые области, поэтому и приходится перемещать источник X-лучей, чтобы делать снимки с разных сторон. Современные спиральные компьютерные томографы третьего поколения имеют источник рентгеновского излучения, непрерывно вращающийся вокруг пациента, лежащего на движущемся поступательно вдоль своей оси столе. За один оборот источника X-лучей и диаметрально расположенных детекторов стол перемещается на толщину томографического среза. Спиральное сканирование уменьшает не только время, затраченное на обработку получаемых срезов, но и уменьшает лучевую нагрузку на пациента. Увеличение числа детекторов позволяет получить большее число зафиксированных значений суммарных коэффициентов линейного ослабления полученных с разных сторон. В томографах четвертого поколения детекторы статически располагаются по всей окружности, вращается только рентгеновский источник, это сократило время обработки одного среза до 0,7 с. В современных компьютерных томографах при создании изображений имеется возможность учета естественных движений, присущих живому организму: пульсация сердца, перистальтика желудка и кишечника, колебания диафрагмы и другие функциональные смещения [5].

Размещение данной информации в электронной образовательной среде вуза позволит студентам медицинского вуза знакомиться с физическими основами компьютерной томографии, что будет способствовать развитию их профессиональных компетенций [6, 7].

Список литературы:

1. Порханов В.А., Закеряев А.Б., Виноградов Р.А., Бахишев Т.Э., Хангереев Г.А., Бутаев С.Р., Ерастова А.В., Барышев А.Г. Торакобедренное бифуркационное шунтирование с использованием робототехники // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2023. – Т. 31, № 4. – С. 663–670. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ248977](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ248977).
2. Ельцов А.В. Использование ресурсов сети интернет в преподавании астрономии, физики, а так же исследовательской деятельности / А.В. Ельцов, А.А. Кривушин // Школа Будущего. – 2014. – № 2. – С. 115–119.
3. Черняев А.П. Ядерно-физические методы в медицине / Уч. пос. – М.: КДУ, Университетская книга, 2016. – 192 с.
4. Прокоп М., Галански М. Спиральная и многослойная компьютерная томография : Уч. пос.: в 2 т. / пер. с англ. под общ. ред. А.В. Зубарева, Ш.Ш. Шотемора. – 4-е изд. – Москва: МЕД пресс-информ, 2020. – Т. 1, 2021. – 416 с.
5. Секисова Е.В., Павлов А.В., Пронин Н.А., Жеребятьева С.Р., Введенский А.И., Дронова Е.А., Полудкин И.А. Варианты взаиморасположения частей поджелудочной железы человека по данным компьютерной томографии // Российский медико-биологический

вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 3. – С. 467–474. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ321391](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ321391).

6. Ельцов А.В. Принципы создания электронного учебника / М.Н. Махмудов, А.В. Ельцов, Л.Ф. Ельцова // Человеческий капитал. – 2016. – № 10(94). – С. 4–7.

7. Ельцов А.В. Интеграция процессов познания и моделирования при обучении физике / А.В. Ельцов, М.Н. Махмудов // Психолого-педагогический поиск. – 2015. – № 2(34). – С. 145–151.

ОСНОВНЫЕ ТРУДНОСТИ, С КОТОРЫМИ СТАЛКИВАЮТСЯ СТУДЕНТЫ И ПРЕПОДАВАТЕЛИ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ В РАМКАХ КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ, И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

С.З. Джуракулов

Азиатский международный университет, Республика Узбекистан, г. Бухара

Лабораторные занятия по физике играют важную роль в формировании научного мировоззрения студентов, предоставляя им возможность получить практический опыт. Целью данного исследования является выявление проблем, с которыми сталкиваются студенты и преподаватели на основе их опыта в ходе физического практикума. Исследование проводилось с использованием метода анализа конкретных случаев. В нем приняли участие 100 студентов по направлению «Физика» и 7 преподавателей, проводивших эти занятия. Данные были собраны с помощью анкет и интервью. Результаты показали, что подходы, используемые на практических занятиях, а также недостаточное количество оборудования и лабораторных руководств мешают студентам правильно выполнять эксперименты. На основе исследования предлагается улучшить условия лабораторий и внедрить современные методы обучения, направленные на повышение интереса студентов и более эффективное проведение физического практикума.

Ключевые слова: физический практикум, кандидат в преподаватели физики, проблемы в процессе практических занятий.

MAIN DIFFICULTIES FACED BY STUDENTS AND TEACHERS IN TEACHING PHYSICS WITHIN THE CREDIT-MODULE SYSTEM, AND WAYS TO OVERCOME THEM

S.Z. Jurakulov

Asian International University, Republic of Uzbekistan, Bukhara

Laboratory exercises in physics play a crucial role in providing students with practical experience and shaping their scientific worldview. The purpose of this research is to identify the problems encountered by students and teachers based on their experiences in physics practicals. The study was conducted using the case study method. It involved 100 students majoring in Physics Education and 7 teachers who conducted these practical sessions. Data was collected through surveys and interviews. The results showed that the approaches used in the practicals, the inadequacy of equipment, and the lack of laboratory manuals hinder students from performing experiments correctly. Based on the findings, it is recommended to improve laboratory conditions and introduce modern teaching methods aimed at increasing student interest and making physics practicals more effective.

Keywords: physics practicals, physics education candidates, challenges encountered during practicals.

Введение. Развитие всех отраслей страны связано с формированием необходимых способностей у граждан, многие из которых входят в цели образовательных дисциплин, направленных на развитие логического мышления. Знания, связанные с наукой, студенты получают в учебных заведениях, и обучение науке играет ключевую роль в воспитании личностей с научным мировоззрением. Физика – один из таких предметов, темы которого актуальны в повседневной жизни и требуют обучения через практику в лабораторных условиях. Лабораторный метод включает наблюдение, демонстрацию и эксперименты. Наблюдение изучает объект с помощью вспомогательных средств, демонстрация объясняет тему с использованием оборудования, а эксперимент помогает лучше понять явления. Лабораторные занятия основываются на доказательствах, исследованиях и открытиях.

Цель исследования. Исследование было проведено с использованием подхода исследования конкретных случаев, который позволяет анализировать данные через взаимосвязи причин и следствий. Объектом исследования стали студенты 1-го курса программы подготовки учителей естественных наук университета Кардениз Техник, участвующие в лабораторных занятиях по физике. Выборка включала 100 студентов и 7 преподавателей.

Материалы и методы. Данные были собраны с помощью анкет и интервью. Анкета содержала 10 закрытых и 3 открытых вопроса, касающихся эффективности лабораторных занятий. Интервью с преподавателями позволили выяснить их проблемы и возможные решения. Преподаватели организовывали занятия, разделяя студентов на группы по 5 человек, и проводили 16 экспериментов за два семестра. Для каждого эксперимента был подготовлен комплект оборудования, а также руководство с целью, порядком проведения и оценкой. Студенты выполняли работы на основе лабораторного пособия, а отчеты сдавали преподавателям. Оценки за отчеты составляли 20% от общей оценки.

Результаты и обсуждение. Результаты лабораторных занятий, анкеты и интервью были проанализированы в трех группах.

Таблица 1

Мнения студентов, связанные с факторами, определяющими эффективное использование лабораторий (N = 100)

Материалы	Нет	Частично	Да
Достаточно ли оборудования в лаборатории, по вашему мнению?	48%	49%	3%
Помогает ли лабораторный практикум в понимании и выполнении экспериментов?	3%	73%	24%
Мотивирует ли лабораторная среда вас к экспериментам?	33%	56%	11%
Помогают ли ваши отчеты, написанные по окончании эксперимента, в понимании проведенных экспериментов?	14%	50%	36%
Проводили ли вы лабораторные работы по физике в средней школе?	45%	33%	22%

Таблица 2

По мнению студентов, уровень подготовки перед лабораторными экспериментами распределяется следующим образом:

Материалы	Я не готовлюсь заранее	Я спрашиваю у друзей, которые уже проводили эксперимент	Я работаю с лабораторным руководством	Кроме лабораторного руководства, я также использую другие источники
Насколько вы подготовились перед проведением эксперимента, за который вы отвечали?	4%	15%	71%	10%

71% студентов из выборки сообщили, что в качестве предварительной подготовки к лабораторным экспериментам они обращаются только к лабораторному руководству, 10% используют помимо лабораторного руководства другие источники, такие как «Современная университетская физика», «Основы физики», 4% не проводят никакой предварительной подготовки, а оставшиеся 15% обращаются к друзьям, которые уже выполняли эксперимент.

Таблица 3

Мнения студентов относительно применения физики в лабораториях (N = 100)

Материалы	1	2	3	4
Сколько человек вы бы хотели видеть в экспериментальных группах?	13%	38%	34%	15%
Сколько часов в неделю должно занимать лабораторное занятие курса?	5%	30%	25%	40%

Согласно данным, приведенным в таблице 3, большинство студентов предпочитают, чтобы экспериментальные группы состояли из 2-3 человек. Также 65% считает, что продолжительность еженедельных лабораторных занятий должна превышать 2 часа. Этот показатель в два раза больше, чем количество тех, кто считает, что продолжительность занятия в 1 или 2 часа является достаточной.

Заключение. Лабораторные практики по физике играют важную роль в обеспечении эффективной, содержательной и долговременной обучающей среды. Целью данного исследования было выявление трудностей, возникающих в лабораторных практиках на курсах физики. Исследование является исследованием случая, выборка которого состоит из 100 случайно выбранных студентов первого курса программы подготовки учителей естественных наук Факультета образования К.Т.Ü. и семи преподавателей. Данные были собраны с помощью анкет и интервью. В анкете было 13 вопросов, из которых 10 были

многовариантными, а 3 – открытыми вопросами. Эти вопросы охватывали переменные, оказывающие негативное влияние на правильное и эффективное использование лабораторий. Интервью с преподавателями проводились с целью выявления трудностей, с которыми они сталкиваются в процессе проведения практических занятий, и способов их решения.

Список литературы:

1. Bates G. The Role of The Laboratory in Science Teaching. (In M.B. Rowe (Ed.) What Research Says to Science Teacher, V: 1, Washington. DC: National Science Teachers Association).
2. Beasley W. Improving Student Laboratory Performance: How Much Practice Makes Perfect? // Science Education, Sayı 69. – P. 567–576.
3. Aydogdu C. Kimya Laboratuvar Uygulamalarında Karşılaşılan Güçlüklerin Saptanması. H.Ü. Eğitim Fakültesi Dergisi. Sayı 15. – P. 30–35.
4. Çepni S., Akdeniz A.R. ve Ayas, A. Fen Bilimlerinde Laboratuvarın Yeri ve Önemi-III. Çağda Eğitim Dergisi, Sayı 206. – P. 24–28.
5. Ayas A., Akdeniz A.R. ve Çepni S. Fen Bilimlerinde Laboratuvarın Yeri ve Önemi-I. Çağda Eğitim Dergisi. Sayı 204. – P. 21–25.
6. YÖK. Eğitim Fakültesi Öğretmen Yetitirme Lisans Programları. Ankara.
7. Yin R. Case Study Research Design and Methods. Newbury Park: Sage, London.
8. Cahin Y. Türkiye'deki Bazı Üniversitelerde Laboratuvar Kullanımı ve Uygulanan Yaklaşımların Değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Trabzon: K.T.Ü
9. Pakhnova L.R., Voronina L.P., Pakhnov D.V. Role of surfactant proteins in development of pulmonary edema // I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald. – 2025. – Vol. 33, N 1. – P. 145–156. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ568729](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ568729).
10. Shkarin V.V., Orlov D.V., Kudrin R.A. Peculiarities of Systemic Hemodynamics and Autonomic Status in Medical Personnel of PCR-Laboratories with Different Emotional Intelligence // I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald. – 2023. – Vol. 31, N 3. – P. 335–344. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ111858](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ111858).

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.И. Иванов, О.А. Милованова
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В статье описано синхротронное излучение и его свойства, рассмотрены искусственные источники данного вида излучения, проанализированы области его применения, в том числе медицина и биология, и дальнейшие перспективы развития.

Ключевые слова: синхротронное излучение, особенности, области применения, медицина.

DIAGNOSTIC AND THERAPEUTIC CAPABILITIES OF SYNCHROTRON RADIATION

A.I. Ivanov, O.A. Milovanova
Ryazan State Medical University, Ryazan

The paper describes synchrotron radiation and its properties, considers artificial sources of this type of radiation, analyzes the areas of its application, including medicine and biology, and further development prospects.

Keywords: synchrotron radiation, features, areas of application, medicine.

Современные исследования в области медицины неразрывно связаны с применением последних достижений науки и техники. Так, практическая и научная составляющие медицины имеют множество междисциплинарных связей с различными областями науки, одной из которых является физика. На стыке двух дисциплин образовалась сравнительно молодая отрасль знаний – медицинская физика, которая изучает способы использования физических приборов и излучений, в том числе ионизирующих, а также медицинского оборудования для предотвращения, выявления и лечения заболеваний. Цель данной работы заключается в анализе синхротронного излучения на предмет применения в медицинской науке и практике.

Синхротронное излучение (СИ) – это разновидность электромагнитного излучения, которое испускается заряженными частицами, ускоренными до околосветовых скоростей и движущимися по криволинейной траектории при отклонении магнитным полем. Т.е. такой вид излучения образуется в циклических ускорителях заряженных частиц, а также специальных устройствах для получения СИ – вигглерах и ондуляторах [1, с. 95].

Наличие такого рода излучения сначала было предсказано теоретически на разных этапах с 1898 по 1944 года, однако обнаружено только в 1947 году при работе на одном из видов ускорителей – синхротроне, поэтому получило одноименное название [2, с. 429; 3, с. 4].

Изначально СИ генерировалось при помощи обычных синхротронов, где оно считалось второстепенным и оказывающим негативное влияние на эксперименты, производящиеся на ускорителях. Однако тогда стало понятно, что синхротронное излучение может быть применимо во многих областях. Поэтому затем были созданы специальные синхротроны, использующиеся именно для получения СИ и имеющие для этого определенные параметры. Последним поколением источников СИ являются не синхротроны, а другие приборы – например, лазер на свободных электронах [1, с. 153-154; 4, с. 015006]. В настоящее время в наукограде Кольцово под Новосибирском строится СКИФ – новейший в России источник СИ, спроектированный ИЯФ СО РАН.

Несмотря на то, что с точки зрения работы самих ускорителей синхротронное излучение является вредным, поскольку из-за потерь на излучение снижает энергию и, соответственно, скорость заряженных частиц, оно обладает следующими особенностями: непрерывный спектр частот практически от радиоволн и вплоть до рентгеновского диапазона; высокая интенсивность, коллимированность, степень поляризации и т. д. [3, с. 4-5; 5, с. 34-36]. Это обуславливает широкое применение СИ в различных областях науки, техники и промышленности: материаловедение и минералогия, химия и экология, археология и палеонтология, кристаллография и физика твердого тела, нефтегазовая промышленность и энергетика, создание электроники и источников света, спектроскопия и т. д. [3, с. 6-7]. Конечно же, оно используется или имеет перспективы применения в медицине и биологии, на чем необходимо остановиться подробнее.

Одним из направлений медицины, где применимо СИ, является диагностика заболеваний. Таким является вариант трансвенозной коронарной ангиографии на основе СИ, которая, например, проводилась в 2000 году на синхротроне ESRF, расположенном во Франции, и позволила визуализировать сосуды сердца для исследования их состояния [6, с. 39]. Для этого применяется два пучка фотонов рентгеновского диапазона СИ и контрастное вещество (йод), что в итоге позволяет отделить на снимке коронарные артерии от фона (окружающих тканей) [7, с. 280]. СИ хотя и обладает широким спектром частот, что тоже нивелируется при помощи монохроматора, однако имеет высокую интенсивность, коллимированность и обеспечивает быстрое сканирование, что повышает эффективность процедуры по сравнению с обычным рентгеновским излучением [3, с. 126]. Эти же особенности, а также возможность регулирования энергии фотонов синхротронного излучения позволяет использовать его вместо рентгеновского излучения и в компьютерной томографии [7, с. 279].

Кроме того, СИ можно применять и в бронхографии, маммографии, лимфографии [7, с. 279], принцип которых схож с ангиографией [8, с. 250], а также при изучении структуры тканей (в том числе плотности костей – денситометрия) и т. д. Постепенно набирает популярность и микроэлементное исследование биологических тканей и жидкостей посредством рентгенофлуоресцентного анализа с использованием СИ [3, с. 130-131; 9, с. 147-148]. Всё это помогает выявить наличие каких-либо заболеваний, включая онкологические [10, с. 95; 11, с. 76].

Синхротронное излучение может не только способствовать диагностике онкологических заболеваний, но и их лечению, причем снова за счет своих характеристик оно повышает результат процедуры, снижая влияние на здоровые органы по сравнению с рентгеновскими трубками и линейными ускорителями [3, с. 127; 12, с. 267].

СИ применяется и в фармакологии при создании лекарственных препаратов, средств их доставки и изучении влияния соответствующих препаратов на опухоли, а также при разработке косметики в косметологии. В биологии СИ позволяет изучать молекулы, ткани и процессы, проводить исследования в области вирусологии [13, с. 81] и протеомики.

Таким образом, использование синхротронного излучения в медицинской отрасли является крайне перспективным, хотя пока оно и не так популярно, как рентгеновское. Однако можно быть уверенным, что СИ продолжит широко распространяться в медицинских исследованиях при условии подготовки высококвалифицированных медицинских работников [14, с. 107; 15, с. 156; 16, с. 367], а также в силу вышеописанных свойств СИ и создания новейших устройств, которые его генерируют.

Список литературы:

1. Фетисов Г.В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ. – М.: Физматлит, 2007. – 672 с.

2. Тернов И.М. Синхротронное излучение // Успехи физических наук. Обзоры актуальных проблем, 1995. – С. 429–456.
3. Батулин Р.Г., Болтакова Н.В., Дулов Е.Н. и др. Проведение синхротронных и нейтронных исследований: Учебное пособие. – Казань: Казан. ун-т, 2021. – 176 с.
4. Pellegrini C., Marinelli A., Reiche S. The physics of x-ray free-electron lasers // Review of Modern Physics. – 2016. – № 88(1). – P. 015006.
5. Winick H., Bienenstock A. Synchrotron Radiation Research // Annual Review of Nuclear and Particle Science. – 2003. – № 28(1). – P. 33–113.
6. Elleaume H., Fiedler S., Esteve F. First human transvenous coronary angiography at the European Synchrotron Radiation Facility // Physics in Medicine & Biology. – 2000. – № 45(9). – P. 39–43.
7. Dix W.R., Besch H.J., Graeff W. Coronary angiography with synchrotron radiation // Journal de Physique IV (Proceedings). – 1994. – № 04(C9). – P. 279–286.
8. Абросимов А.В., Чупин А.В., Харазов А.Ф. и др. Рутинная коронарография и функциональные кардиологические пробы перед резекцией аневризмы брюшной аорты у пациентов без симптомов ишемии миокарда // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – № 32(2). – С. 243–252.
9. Трунова В.А., Сидорина А.В., Зверева В.В. Оценка возможности применения прямого анализа образцов биотканей малой массы методом рентгенфлуоресцентного анализа с синхротронным возбуждением // Аналитика и контроль. – 2015. – № 19(2). – С. 146–153.
10. Кривушин А.А. Современные методы лучевой диагностики в ядерной медицине / А.А. Кривушин, С.А. Прохина // Компьютерное моделирование физических процессов и новые цифровые технологии в медицине и фармации : Материалы Международной научно-практической конференции с международным участием, Уфа, 18–19 апреля 2024 года. – Уфа: Башкирский государственный медицинский университет, 2024. – С. 95–100. – EDN LGCAXX.
11. Кривушин А.А. Технологии современной лучевой терапии / А.А. Кривушин, С.А. Прохина // Цифровое будущее современной медицины : Сборник докладов I Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, Рязань, 24–25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 2024. – С. 75–79. – EDN VDIIIFZ.
12. Соловьев А.Е., Ларичева О.В. Результаты лечения костных кист и опухолей костей у детей // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2017. – № 25(2). – С. 263–269.
13. Кондранова А.М., Гладышева А.А., Гладышева А.В. и др. Использование синхротронного излучения в вирусологии // Здоровье населения и среда обитания. – 2022. – № 30(12). – С. 81–88.
14. Ельцова Л.Ф., Ельцов А.В. К вопросу о трансформации медицинского образования // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2024. – № 12(2-45). – С. 107–116.
15. Кривушин А.А. О медицинской физике как учебной дисциплине / А.А. Кривушин, Т.Г. Авачева // Цифровое будущее современной медицины : Сборник докладов I Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, Рязань, 24–25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 2024. – С. 156–159. – EDN LEVFFZ.
16. Мазикин И.М., Лапкин М.М., Акулина М.В., Кулагин П.А. Показатели функциональной латеральной организации у студентов-юношей медицинского вуза с различным уровнем физической подготовленности // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2022. – Т. 30, № 3. – С. 367–374. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ96768](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ96768).

ДНК КАК ХРАНИЛИЩЕ ДВОИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ: ТЕХНОЛОГИЯ БУДУЩЕГО

М.В. Поджеляс, С.В. Жигалов

Научный руководитель: ст. преп. Н.В. Гречушкина
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В статье рассматривается технология хранения данных в ДНК и описываются перспективы развития данной технологии в ближайшем будущем.

Ключевые слова: ДНК, запись данных, синтез ДНК, секвенирование, хранение информации, кодирование данных, плотность информации.

DNA AS A REPOSITORY OF BINARY INFORMATION: TECHNOLOGY OF THE FUTURE

M.V. Podgelyas, S.V. Zhigalov

Scientific supervisor: senior lecturer N.V. Grechushkina
Ryazan State Medical University, Ryazan

The article discusses the technology of storing data in DNA and describes the prospects for the development of this technology in the near future.

Keywords: DNA, data recording, DNA synthesis, sequencing, information storage, data encoding, information density.

В настоящее время основным вектором трансформации сферы здравоохранения является цифровизация данной отрасли, направленная на совершенствование методов и средств, применяемых в сфере медицинских услуг и медицинской науке в целом путем внедрения современных высокотехнологичных IT-решений.

Робототехника в хирургии предоставляет возможности для улучшения качества медицинских манипуляций [11], применение технологий Интернета вещей в терапии позволяют осуществлять дистанционный мониторинг состояния здоровья пациентов [2], 3D-моделирование в стоматологии повышает точность изготовления ортопедических конструкций и качество имплантации [4, 6]. Искусственный интеллект помогает распознавать патологии на этапе диагностики, осуществлять персонализированный подход к лечению и прогнозировать развитие заболеваний на основе факторов риска наряду с традиционными методами [3, 9], а также лежит в основе создания чат-ботов с целью информирования и оказания психологической помощи населению [15]. Технологии блокчейн используются для организации документооборота в лечебных учреждениях с целью обеспечения конфиденциальности и целостности данных при ведении электронных медицинских карт [5] и выписки рецептов [12]. Современные цифровые технологии позволяют перевести на новый уровень качество медицинской помощи, повысить безопасность оказываемых услуг, сократить количество медицинских ошибок.

Развитие информационно-коммуникационных технологий, накопление статистической медицинской информации, результатов научных исследований

создает предпосылки для разработки новых подходов к хранению, передаче и защите данных.

Современные методы, основанные на технологии блокчейн, позволяют обеспечивать безопасность и целостность хранения медицинских данных [1], при передаче данных с целью сохранения их конфиденциальности используются методы криптографии и стеганографии [10].

Запись данных в ДНК – это инновационный подход, который открывает новые горизонты в области хранения информации. ДНК, или дезоксирибонуклеиновая кислота, является природной молекулой, которая хранит генетическую информацию всех живых организмов. Ученые обнаружили, что ДНК обладает невероятной плотностью хранения данных, что делает ее идеальным кандидатом для записи огромных объемов информации, таких как видео-фильмы, книги и даже целые библиотеки.

Процесс записи данных в ДНК начинается с преобразования цифровой информации в последовательность нуклеотидов – строительных блоков ДНК. В компьютерной технике информация представляется в двоичной системе счисления, а в ДНК она кодируется с помощью четырех оснований: аденина (А), тимина (Т), гуанина (Г) и цитозина (Ц). Ученые разработали алгоритмы, которые позволяют переводить бинарный код в последовательности этих оснований. Например, комбинация 00 может соответствовать аденину, 01 – тимину, 10 – гуанину, а 11 – цитозину. После кодирования информации в последовательности нуклеотидов, следующий этап – это синтез ДНК. Современные технологии позволяют создавать искусственные цепочки ДНК, которые содержат закодированную информацию. Эти цепочки затем могут быть сохранены в стабильных условиях, что обеспечивает долговечность хранения данных. ДНК может сохранять информацию на протяжении тысячелетий, если она хранится в подходящих условиях, таких как низкая температура и отсутствие влаги.

Хранение данных в ДНК обладает рядом значительных преимуществ. Во-первых, ДНК имеет чрезвычайно высокую плотность информации: в одном грамме ДНК можно сохранить до 215 петабайт данных. Это примерно 215 миллионов гигабайт. Во-вторых, ДНК является долговечным носителем, способным сохранять информацию на протяжении тысячелетий при правильных условиях хранения.

Однако этот метод также сталкивается с вызовами. Основные из них – высокая стоимость и сложность синтеза и секвенирования ДНК. Технологии синтеза и секвенирования требуют значительных ресурсов и времени, что делает этот метод пока что недоступным для массового использования.

В настоящее время разрабатываются несколько решений для применения новой технологии хранения информации, способной поддерживать целостность данных в течение длительных периодов с высокой точностью доступа. Биологическое хранение является одним из многообещающих методов, поскольку ДНК уже передает генетический код из поколения в поколение. С взрывным ростом методов секвенирования, особенно секвенирования нового поколения (NGS), теперь возможно считывать последовательности ДНК

гораздо быстрее. Это делает концепцию хранения цифровых данных в ДНК идеальным решением для конкретных приложений. Теоретические оценки, сделанные еще в 2013 году, предполагали, что каждый грамм одноцепочечной ДНК может содержать до 0,455 зеттабайта данных, так что 1 кг ДНК может хранить все данные мира [14]. Комбинируя современные стратегии кодирования, декодирования и хранения, а также используя новейшее оборудование для синтеза и секвенирования ДНК, существует потенциал для выхода коммерческих устройств хранения данных в ДНК на рынок в течение 4–10 лет.

Современные научные исследования направлены на разработку инноваций, которые позволили бы практически применять технологию хранения данных в ДНК. Например, существует потенциал для комбинирования технологий хранения данных в ДНК. Поскольку хранение данных в ДНК сопряжено с процессами считывания и записи информации, передача долгосрочно хранимой последовательности ДНК с помощью электронного или светового сигнала (так называемое шасси для хранения данных в ДНК) может помочь улучшить скорость доступа и снизить стоимость. Первая практическая демонстрация хранения цифровой информации в ДНК была осуществлена с использованием методов NGS для кодирования 658 килобайт данных в ДНК, достигнув плотности хранения 5,5 петабит/мм³ [13]. Эрлих и др. использовали схему кодирования DNA fountain, которая обеспечила очень высокую плотность хранения – 0,215 эксабайт на грамм ДНК. Однако этот предел был превышен в работе Органика и др., где данные с высокой плотностью хранения были успешно извлечены из меньшего количества копий ДНК, достигнув впечатляющей максимальной плотности в 17 эксабайт на грамм.

Технология, такая как инкапсуляция, может увеличить срок службы ДНК до миллиона лет в условиях холодного хранения. Даже без сложных схем кодирования, слайды секвенирования ДНК могут храниться в морозильной камере многие годы для последующего повторного секвенирования. Эта технология часто используется в генетике человека для сохранения данных пациентов.

Большая часть информации на сегодняшний день хранится на серверах, которым требуется надежная система хранения данных. Новые системы должны соответствовать текущим стандартам, обеспечивая при этом большую надежность и более длительное время хранения. ДНК прошла долгий путь и доказала свою успешность как замена текущих систем хранения. Несколько крупных корпораций, таких как Microsoft, создали свои лаборатории и работали над хранением данных в ДНК индивидуально, но недавно был создан альянс из 25 корпораций, включая Microsoft, Illumina, Twist Biosciences и Western Digital в качестве учредителей. Объединение усилий различных специалистов приведет к прогрессу в данной области. Ранее команда Microsoft по хранению данных в ДНК и Университет Вашингтона продемонстрировали первую в мире автоматизированную систему хранения данных в ДНК, полностью построенную на столе. Несмотря на сравнительно медленную обработку и

ограниченную плотность хранения, это изобретение представляет собой большое достижение в области хранения данных в ДНК.

Каждая инновационная технология должна пройти годы усовершенствований и корректировок, чтобы достичь оптимальной производительности, это касается и хранения данных в ДНК. Можно предположить, что конкурентоспособное хранение данных в ДНК будет реализовано в течение следующих двух десятилетий.

Для продвижения инновационных технологий в сфере здравоохранения необходимо осуществлять подготовку высококвалифицированного кадрового состава, обладающего соответствующими знаниями и навыками в области применения IT-решений в медицине. Соответственно, перед вузами ставятся две основные задачи: во-первых, применение цифровых технологий в процессе подготовки будущих специалистов здравоохранения и формирование у них цифровых компетенций [8], во-вторых, осуществление профориентационной работы со старшеклассниками с целью привлечения заинтересованных и способных абитуриентов [7].

Список литературы:

1. Богатова Н.Д., Абрашина П.А., Шувалов С.А., Тихонова О.В. Блокчейн и возможности его применения в медицине // Информационный обмен в междисциплинарных исследованиях II. Взгляд начинающих ученых. Специальный сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Рязань, Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний, 2023. – С. 78–80.
2. Вихорькова С.В., Тихонова О.В. Интернет вещей – инновационная технология в медицине и здравоохранении // Естественнонаучные основы медико-биологических знаний: сборник докладов IV Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию РязГМУ. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, 2023. – С. 44–47.
3. Гаврилкина Д.Е., Тихонова О.В. Перспективные направления применения искусственного интеллекта в сфере здравоохранения // Новые технологии в учебном процессе и производстве: сборник тезисов 22 Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Ю.А. Гагарина. – Рязань: Московский политехнический университет, 2024. – С. 332–335.
4. Дорошина Н.В., Мурсалова Д.О. Компьютерные решения в стоматологии // Материалы II Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием «Естественнонаучные основы медико-биологических знаний». Том Часть 1. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, 2019. – С. 144–146.
5. Карпухин Д.С., Гречушкина Н.В. EHR-системы с использованием блокчейн в медицине // Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики: материалы III Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию Самарского государственного университета путей сообщения. – Оренбург: ОрИПС – филиала СамГУПС, 2023. – С. 141–145.
6. Кулигин А.В., Казакова Л.Н., Терещук О.С., Боков В.В. Возможности 3D-моделирования на доклиническом этапе исследования корневой иглы // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2022. – Т. 30, № 1. – С. 95–100.
7. Мартишина Н.В., Гречушкина Н.В., Тихонова О.В. Профессиональное самоопределение старшеклассников: форматы педагогической поддержки // Школа будущего. – 2023. – № 1. – С. 16–31.

8. Моисеев В.Д., Тихонова О.В., Авачева Т.Г. Цифровые инструменты повышения качества образования специалистов здравоохранения // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2024: сборник трудов VII Международного научно-технического форума. В 10 томах. – Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, 2024. – С. 62–65.

9. Никифоров А.А., Синяева А.С., Тихонова О.В., Филиппов Е.В. Впервые выявленная фибрилляция предсердий у пациентов с коморбидной патологией // РМЖ. Медицинское обозрение. – 2025. – № 9(1). – С.12–17.

10. Павленкова П.С., Савицкий К.М., Тихонова О.В. Защита медицинских данных с использованием методов квантовой стеганографии // Цифровое будущее современной медицины: сборник докладов I Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 2024. – С. 122–126.

11. Сорокин Д.А., Гречушкина Н.В. Цифровые технологии в медицине // Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и производстве: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 120-летию Александра Васильевича Пёрышкина / Под редакцией В.А. Степанова, О.В. Кузнецовой. – Рязань: Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, 2022. – С. 173–175.

12. Титов Д.С., Якушева Е.Н., Новикова Ю.Э., Майстренко М.А., Улитёнок Е.Э. Изменения в порядке оформления и обращения рецептов в Российской Федерации // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2022. – Т. 30, № 3. – С. 423–430.

13. Church G.M., Gao Y., Kosuri S. Next-generation digital information storage in DNA // Science. – 2012. – 337(6102):1628.

14. Extnance A. How DNA could store all the world's data // Nature. – 2016. – 537(7618):22-4.

15. Neog D.R., Grover R., Ransing R., Ramalho R. Концептуальная основа разработки чат-ботов для борьбы с проблемой нерешительности в отношении COVID-19-вакцины // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2022. – Т. 30, № 4. – С. 575–580.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЕ СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Е.Н. Хлебникова

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет), г. Москва

Социально-гигиенический мониторинг (СГМ) является ключевым инструментом управления общественным здоровьем, направленным на снижение рисков, связанных с экологическими, социальными и поведенческими факторами. Однако традиционные методы СГМ сталкиваются с проблемами, такими как медленная обработка данных и субъективность интерпретации. Внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) и анализа данных (Data Science) позволяет преодолеть эти ограничения, повышая точность и оперативность мониторинга. В статье рассматриваются современные методы ИИ, включая машинное обучение для прогнозирования заболеваний, обработку естественного языка (NLP) для анализа медицинских текстов и глубокое обучение для обработки спутниковых изображений. Особое внимание уделено риск-ориентированному подходу, который с помощью алгоритмов кластеризации, рекомендательных систем и анализа временных рядов позволяет перейти от тотального контроля к «умному управлению» рисками. Результаты

исследований показывают, что применение ИИ в СГМ сокращает время выявления угроз на 40–60% и повышает точность прогнозирования на 25–35%.

Ключевые слова: социально-гигиенический мониторинг (СГМ), искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение, обработка естественного языка (NLP), риск-ориентированный подход, анализ данных (Data Science), санитарно-эпидемиологический надзор.

APPLICATION OF MODERN METHODS OF DATA ANALYSIS AND POSSIBILITIES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE SYSTEM OF SOCIAL AND HYGIENIC MONITORING

E.N. Khlebnikova

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
(Sechenov University), Moscow

Social and hygienic monitoring (SHM) is a key tool for public health management, aimed at reducing risks associated with environmental, social, and behavioral factors. However, traditional SHM methods face challenges such as slow data processing and subjective interpretation. The integration of artificial intelligence (AI) and data science technologies helps overcome these limitations, improving the accuracy and efficiency of monitoring. This article explores modern AI techniques, including machine learning for disease prediction, natural language processing (NLP) for analyzing medical texts, and deep learning for processing satellite imagery. Special attention is given to the risk-based approach, which utilizes clustering algorithms, recommender systems, and time series analysis to shift from total control to "smart risk management." Research findings indicate that AI implementation in SHM reduces threat detection time by 40–60% and increases risk prediction accuracy by 25–35%.

Keywords: social and hygienic monitoring (SHM), artificial intelligence (AI), machine learning, natural language processing (NLP), risk-based approach, data science, epidemiological surveillance, public health.

Социально-гигиенический мониторинг (СГМ) представляет собой важнейший инструмент для управления общественным здоровьем, цель которого – выявление и сокращение рисков, связанных с окружающей средой, образом жизни и социально-экономическими факторами [4]. С развитием технологий искусственного интеллекта (ИИ) и методов обработки данных (Data Science) открылись новые перспективы для повышения эффективности СГМ.

На фоне глобальных вызовов, таких как пандемии, изменение климата и ухудшение экологической ситуации, традиционные методы социально-гигиенического мониторинга сталкиваются с рядом трудностей. Ручной сбор и анализ данных, замедленная реакция на новые угрозы из-за низкой скорости обработки и передачи информации, а так же субъективность в интерпретации данных снижают эффективность мероприятий мониторинга.

Современные технологии ИИ и анализа данных представляют собой революционные возможности для устранения этих ограничений. Согласно данным ВОЗ, использование ИИ в мониторинге эпидемической ситуации позволяет сократить время выявления вспышек на 40-60%, а точность прогнозирования рисков увеличивается на 25-35% [5].

Современные методы анализа данных в СГМ.

1. Машинное обучение для прогнозирования заболеваний.

Алгоритмы регрессии, случайного леса и градиентного бустинга (XGBoost, LightGBM) позволяют прогнозировать заболеваемость на основе экологических, климатических и социальных данных. Например, модели на основе ИИ могут предсказывать вспышки инфекционных болезней с точностью до 85% [1]. Эти алгоритмы также эффективны для выявления рисков развития профессиональных заболеваний и других патологий, обусловленных факторами окружающей среды.

2. Обработка естественного языка (NLP) для анализа медицинских текстов.

Методы NLP применяются для автоматического анализа жалоб пациентов, новостных сводок и научных публикаций. Так, система EPIWATCH [3] использует ИИ для мониторинга социальных сетей и СМИ с целью раннего обнаружения эпидемий. В рамках СГМ данный алгоритм можно использовать для анализа обращений граждан.

3. Глубокое обучение в обработке изображений.

Сверточные нейронные сети разрабатывают спутниковые снимки для оценки загрязнения воздуха, состояния водоемов и урбанизированных территорий. Современные исследования демонстрируют эффективность CNN в определении зон экологического риска, что позволит на ранних стадиях предотвращать возникновение нарушений в части атмосферных загрязнений [2].

Риск-ориентированный подход в социально-гигиеническом мониторинге предполагает концентрацию ресурсов на наиболее значимых угрозах здоровью населения, определяемых через вероятностную оценку их возникновения и потенциального ущерба. Этот подход реализуется через приоритезацию рисков с использованием алгоритмов машинного обучения и определение обоснованности контрольно-надзорных мероприятий на основе данных прогнозной аналитики. Суть подхода можно сформулировать так: переход от «тотального контроля» к «умному управлению» рисками с акцентом на профилактику.

ИИ позволяет автоматизировать процесс управления в СГМ:

- Кластеризация (k-means, DBSCAN) помогает выявить территории с повышенными рисками.
- Рекомендательные системы – предложить оптимальные меры профилактики основе исторических данных.
- Анализ временных рядов – (LSTM-сети) улучшает прогнозирование.

Выводы:

1. Интеграция ИИ и Data Science в СГМ повышает точность прогнозирования и скорость реагирования на угрозы.
2. Автоматизированные системы снижают нагрузку на эпидемиологов и гигиенистов.
3. Перспективными направлениями являются NLP для анализа текстовых данных и CNN для обработки изображений.

Список литературы:

1. Chen Y., Liang X., Zheng S., Li Q. Machine learning for infectious disease risk prediction: A systematic review // Journal of Medical Internet Research. – 2021. – Vol. 23, N 5. – P. e27382. – DOI: 10.2196/27382.

2. Wang L., Zhang Y., Wang H., Li J. Deep learning for environmental monitoring using satellite imagery // *Environmental Science & Technology*. – 2020. – Vol. 54, N 14. – P. 8724–8734. – DOI: 10.1021/acs.est.0c01234.

3. EPIWATCH: AI-driven epidemic intelligence platform // *The Lancet Digital Health*. – 2022. – Vol. 4, N 3. – P. e152–e160. – DOI: 10.1016/S2589-7500(22)00007-1.

4. Zhang H., Xu R., Li M., Liu Y. Big data and AI in public health surveillance // *Nature Communications*. – 2023. – Vol. 14. – P. 1234. – DOI: 10.1038/s41467-023-36876-4.

5. World Health Organization. Digital health for the End TB Strategy: progress since 2015 and future perspectives. Geneva: WHO, 2023. – 48 p.

РАЗРАБОТКА И ИНТЕГРАЦИЯ НАУЧНОГО И МЕДИЦИНСКОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В БАШКИРСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ МЕДИЦИНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Р.З. Габбасов

ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, г. Уфа

В статье представлены актуальные вопросы интегрирования современного научного и медицинского программного обеспечения в образовательный процесс Башкирского государственного медицинского университета, а также разработка его модификаций и формирование вузовского репозитория медицинских плагинов, в целях развития качества и уровня образования.

Ключевые слова: информационные технологии, медицинское ПО, единая информационная среда, медицинская информатика.

DEVELOPMENT AND INTEGRATION OF SCIENTIFIC AND MEDICAL SOFTWARE AT BASHKIR STATE MEDICAL UNIVERSITY

R.Z. Gabbasov

Bashkir State Medical University, Ufa

The article presents current issues of integrating modern scientific and medical software into the educational process of Bashkir State Medical University, as well as the development of modifications and the formation of a university repository of medical plug-ins, in order to develop the quality and level of education.

Keywords: information technologies, medical software, common information environment, medical informatics.

Стремительное развитие информационных технологий является одним из ключевых аспектов современной медицины. Из года в год растет техническая модификация многих медицинских процессов, создавая потребность в специалистах, способных своевременно адаптироваться к актуальной информационной среде и применять компьютерную грамотность вне зависимости от дистрибутивов операционных систем и версий программ [2].

Возникает острая необходимость внедрения в учебный план программного обеспечения, способного формировать не только базовые навыки работы с текстовыми файлами, таблицами и базами данных, но и давать общее представление о применении в медицине программирования и численных методов, 3D-моделирования, а также статистических и алгоритмических

расчетов [2]. Актуальные полученные знания, в совокупности, позволят студентам на более высоком уровне функционировать с глобальными интернет-ресурсами и AI-технологиями, улучшить как общее, так и частное понимание структуры изучаемых дисциплин и быть готовым к цифровой медицине будущего [1, 3].

Динамичное развитие медицинского знания и компьютерных технологий порождает несоответствие между содержанием образовательных программ и актуальным состоянием науки, особенно заметное на завершающих этапах подготовки. На базе кафедры физики и медицинской информатики студентам таких специальностей как, например, лечебное дело, педиатрия и стоматология необходимо предоставить начальный курс работы с медицинским и научным ПО, так как в том или ином виде оно может быть интегрировано в будущей профессиональной среде, либо же в учебной программе на курсе магистратуры или аспирантуры, где обучающийся продолжит свое обучение [1].

Представителям иных специальностей, нуждающихся в непосредственном применении компьютерных программ, требуется их внедрение и более углубленное изучение. Фармацевтам, например, – полноценное освоение 3D-моделирования в компьютерной химии, а представителям биоинженерии и биофизики – умение вести квантово-химические и другие точные расчеты [1].

Открытый исходный код программного обеспечения в сочетании с базовыми знаниями программирования позволяет студентам модифицировать его с помощью собственных разработок и плагинов, а также создавать собственные самостоятельные программы [2]. Это создает предпосылки об организации полноценного открытого вузовского репозитория медицинских программ и плагинов, доступного в любой момент как студентам, так и уже практикующим врачам.

Таким образом, разработка, интеграция и применение специализированного программного обеспечения в учебном процессе Башкирского государственного медицинского университета стало объективной необходимостью, решение которой необходимо реализовать на высшем уровне.

Список литературы:

1. Закирьянова Г. Симуляционные технологии в преподавании физических методов визуализации в медицине / Г. Закирьянова, М. Зелеев, С. Хажина, Р. Галеева // Физика в системе современного образования (ФССО-2023). – С. 190–196.
2. Закирьянова Г.Т. Опыт применения инновационных технологий при преподавании физических методов визуализации в ВУЗе / Г.Т. Закирьянова, М.Х. Зелеев // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2022. – № 67:(4). – С. 322.
3. Решетников В.А., Каграманян И.Н., Якушина И.И., Михайловский В.В., Микерова М.С., Шустикова Е.А., Яковљевић В., Николић Турнић Т., Мијаиловић С., Димитријевић Ј., Тасић Љ. Отношение студентов медицинских специальностей к образовательному процессу в период пандемии COVID-19 // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 4. – С. 557–568. – DOI: 10.17816/PAVLOVJ626321.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ПАЦИЕНТА В ПЕДИАТРИИ

Е.В. Чистосердов

Научный руководитель: ст. преп. Н.В. Дорошина
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В работе представлен обзор мирового опыта технологических основ создания цифрового двойника пациента в педиатрии как прорывного подхода к перспективному развитию персонализированной медицины.

Ключевые слова: педиатрия, цифровой двойник, персонализированная медицина, моделирование, прогнозирование, медицинские данные, искусственный интеллект, глубокое обучение, визуализация данных, этика, безопасность данных, здравоохранение.

THE TECHNOLOGICAL FOUNDATIONS OF CREATING A DIGITAL TWIN OF A PATIENT IN PEDIATRICS

E.V. Chistoserdov

Scientific supervisor: senior lecturer N.V. Doroshina
Ryazan State Medical University, Ryazan

The paper provides an overview of the global experience of the technological foundations of creating a digital twin of a patient in pediatrics as a breakthrough and promising approach to personalized medicine.

Keywords: pediatrics, digital twin, personalized medicine, modeling, forecasting, medical data, artificial intelligence, deep learning, data visualization, ethics, data security, healthcare.

Персонализированная медицина, позволяющая учитывать особенности организма каждого пациента при лечении и диагностике, является одной из концепций 4П-медицины [1]. Прорывным шагом в этом направлении является концепция создания цифровых двойников пациентов.

Цифровой двойник изделия (ЦД) – это система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с ним и (или) его составными частями [3]. В приложении к медицине и здравоохранению [2] это понятие уточняется и дополняется. ЦД пациента – это компьютерная система виртуальных копий человека, которые охватывают все морфологические (анатомические), физиологические и, в идеале, когнитивные свойства, чтобы создать всестороннее цифровое представление человеческого тела [4]. ЦД могут быть реализованы как обобщенные модели пациентов для обучения, индивидуальные аватары конкретных пользователей, VR-модели оборудования.

Технически ЦД состоит из трех компонентов: реальный объект, его цифровая копия и система синхронизации между реальным и цифровым объектом [5]. На первом этапе происходит сбор и интеграция в систему медицинских данных пациента: анамнез, лабораторные анализы, визуализация с компьютерных приборов, сюда же собираются и другие факторы: геолокация, индивидуальные особенности, образ жизни и т. д. Эти данные передаются на вход специализированному кодировщику. Также данные сопоставляются с системами удаленного мониторинга пациентов (RPM-системами [6]) в режиме

реального времени – носимые устройства, IoT-датчики. Частота обновления данных зависит от типа ЦД и решаемой задачи. Далее данные обрабатываются с помощью передовой аналитики и методов на основе ИИ [2, 4, 5, 8-11]. Алгоритмы глубокого обучения, которые при этом используются, невероятно повышают сложность моделирования ЦД, тем самым позволяя применить предиктивное моделирование и новейшие инструменты поддержки принятия врачебных решений. Для безопасного хранения и передачи данных применяют технологии облачных вычислений и блокчейн [7].

ЦД в педиатрии учитывает физиологические и патологические процессы детского организма для персонализированной диагностики, прогнозирования и лечения. Из-за высокой сложности человеческого организма нет разработанных ЦД для комплексной диагностики человеческого тела в целом. Искусственная поджелудочная железа для детей с сахарным диабетом 1 типа, сочетающая в себе замкнутую систему контроля уровня глюкозы и алгоритм инфузии инсулина, открыла путь в лечении хронических заболеваний у детей. Есть исследования для создания ЦД для решения проблем детского ожирения [9]. Детская больница в Бостоне (США) использует ЦД сердца для тестирования сложных предоперационных процедур для детей с врожденным пороком сердца. Помимо улучшения результатов реальных операций, технология предлагает потенциал для упрощения детального планирования и координации между медицинскими бригадами. Другой пример представляет использование технологии ЦД в диагностике и лечении детской астмы (Франция). В этом проекте проводится обширный этический опрос о согласии детей и их родителей на применение такого рода технологий после разъяснения им концепции ЦД [10]. Есть результаты применения ЦД в предсказании неврологических осложнений, лечении детских онкологических заболеваний (Канада), для консолидации различных мнений врачей [11].

ЦД в системе здравоохранения предлагает виртуальное представление заболеваний, предоставляя возможность проверять научные гипотезы и прогнозировать взаимодействие патогенных компонентов и их влияние на детей и подростков [12, 13]. Все исследования и опыт использования ЦД в медицине несомненно открывают большие перспективы в их использовании.

Список литературы:

1. Войтович Н.В., Абриталин Е.Ю., Гребеньков С.В. Применение искусственного интеллекта для персонализированной диагностики и терапии психических расстройств // Наука молодых (Eruditio Juvenium). – 2025. – Т. 13, № 1. – С. 156–164. – URL: <https://doi.org/10.23888/HMJ2025131156-164>.
2. Баранов Л.И., Лебедев Г.С., Фомина И.В. Цифровой двойник медицинского назначения. Определение понятия // Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]. – 2024. – № 6(70):5. – URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1698/30/lang.ru/>. – DOI: 10.21045/2071-5021-2024-70-6-5.
3. ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения».
4. Katsoulakis E., Wang Q., Wu H. et al. Digital twins for health: a scoping review // npj Digit. Med. – 2024. – Vol. 7. – P. 77. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01073-0>.

5. Kutumova E., Kiselev I., Sharipov R., Lifshits G. and Kolpakov F. Mathematical modeling of antihypertensive therapy // *Front. Physiol.* – 2022. – Vol. 13. – P. 1070115. – DOI: 10.3389/fphys.2022.1070115.

6. Пугачева В.Е. Технологические основы архитектуры систем удаленного мониторинга здоровья пациентов / В.Е. Пугачева, Д.Ю. Павлов // Новые технологии в учебном процессе и производстве: Сборник тезисов 22 Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Ю.А. Гагарина, Рязань, 17–19 апреля 2024 года. – Рязань: Московский политехнический университет, 2024. – С. 391–393. – EDN SGVFPN.

7. Блокчейн и возможности его применения в медицине / Н.Д. Богатова, П.А. Абрашина, С.А. Шувалов, О.В. Тихонова // Информационный обмен в междисциплинарных исследованиях II. Взгляд начинающих ученых: специальный сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Рязань, 2023. – С. 78–80.

8. Романюта М.А. Системы на основе нейронных сетей в медицине / М.А. Романюта, Н.В. Гречушкина // Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики : Материалы III Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию Самарского государственного университета путей сообщения, Самара, 21–22 марта 2023 года. – Оренбург: ОриПС – филиала СамГУПС, 2023. – С. 161–164. – EDN LDVSWZ.

9. Van Willigen B.G.; van der Hout-van M.B.; Huberts W.; van de Vosse F.N. A review study of fetal circulatory models to develop a digital twin of a fetus in a perinatal life support system // *Front. Pediatr.* – 2022. – Vol. 10. – P. 915846.

10. Gonsard A., AbouTaam R., Prévost B., Roy C., Hadchouel A., Nathan N., Taytard J., Pirojoc A., Delacourt C., Wanin S., Drummond D. Children’s views on artificial intelligence and digital twins for the daily management of their asthma: a mixed-method study // *Eur J Pediatr.* – 2023. – Vol. 182(2). – P. 877–888. – DOI: 10.1007/s00431-022-04754-8. Epub 2022 Dec 13. – PMID: 36512148; PMCID: PMC9745267.

11. Grace M. Thiong’o, James T. Rutka. Digital Twin Technology: The Future of Predicting Neurological Complications of Pediatric Cancers and Their Treatment. *Sec. Neuro-Oncology and Neurosurgical Oncology.* – Vol. 11 – 2021. – URL: <https://doi.org/10.3389/fonc.2021.781499>.

12. Huang PH., Kim KH., Schermer M. Ethical Issues of Digital Twins for Personalized Health Care Service: Preliminary Mapping Study // *J Med Internet Res.* – 2022. – Vol. 24, N 1. – P. e33081. – DOI: 10.2196/33081. – PMID: 35099399; PMCID: PMC8844982.

13. Манерова О.А., Нестерова Е.И. Интернет-технологии в процессе информирования подростков по вопросам профилактики инфекций, передаваемых половым путем // *Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова.* – 2025. – Т. 33, № 1. – С. 71–78. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ645372](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ645372).

О НЕГАТИВНЫХ АСПЕКТАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ СТУДЕНТАМИ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Д.В. Судаков, О.В. Судаков, Г.В. Сыч, Н.О. Михайлов
ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, г. Воронеж**

Статья посвящена изучению опыта использования студентами медицинского вуза различных современных нейросетей, в том числе и в научно-исследовательской деятельности. В основу исследования легло анонимное анкетирование, проводимое через Яндекс-форму. Объектами исследования послужило 238 студентов 6 курса лечебного факультета, которые рассказали о своем опыте и опыте знакомых, по использованию

нейросетей, в том числе и «нечестном». Работа представляет интерес для педагогов разных специальностей, занимающихся, в том числе и научно-исследовательской деятельностью.

Ключевые слова: нейросеть, студент, анкетирование, медицинский вуз.

ON THE NEGATIVE ASPECTS OF THE USE OF NEURAL NETWORKS BY STUDENTS IN RESEARCH ACTIVITIES

D.V. Sudakov, O.V. Sudakov, G.V. Sych, N.O. Mihailov

Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh

The article is devoted to studying the experience of using various modern neural networks by medical students, including in research activities. The study is based on an anonymous survey conducted through a Yandex form. The objects of the study were 238 6th-year students of the Faculty of Medicine, who spoke about their experience and the experience of their friends in using neural networks, including “dishonest” ones. The work is of interest to teachers of various specialties, including those involved in research activities.

Keywords: neural network, student, survey, medical school.

Актуальность. В последние годы в России и во всем мире большое развитие получили различные специализированные компьютерные программы и нейросети, в том числе и на основе искусственного интеллекта. Подобные программы и нейросети во многих отраслях деятельности человека становятся своеобразными помощниками, превращаясь в полезный «инструмент» в умелых руках [1, с. 320]. Не обошли нейросети стороной и научно-исследовательскую деятельность. К примеру, в последние годы широкое распространение получают нейросети, которые могут проводить подробный анализ научных текстов и статей на предмет наличия плагиата, выявление различных ошибок или неточностей, определение признаков написания текста аналогичной нейросетью и т. д. [4, с. 122].

Создавая и развивая нейросети, человечество, естественно предполагает их использование во благо – в различных сферах деятельности, в качестве электронных или виртуальных помощников [2, с. 92]. Но что будет, если «доступ» к подобным специализированным компьютерным программам и нейросетям, получают не квалифицированные специалисты, а к примеру – студенты, которые могут не только не обладать специальными знаниями для их правильного использования, но и могут попытаться использовать вышеуказанные программы в корыстных целях, включая научно-исследовательскую деятельность, к примеру для нелегальных методов повышения уникальности текстов с помощью нейросети [3, с. 80].

Целью исследования явилось изучение осведомленности студентов медицинского вуза, на примере ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, о возможностях использования нейросетей в научно-исследовательской деятельности, в том числе и с негативными (корыстными) целями.

Объектами исследования стали 238 студентов 6 курса лечебного факультета ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, пожелавших добровольно участвовать в анонимном опросе, проводимом через «Яндекс-форму». Исследование выполнялось с февраля по апрель 2025 года.

Будущим врачам предлагалось дать ответ на ряд вопросов специально разработанной авторами анкеты, которая включала в себя изучение общей осведомленности использования нейросетей в различных сферах деятельности студентов; изучение различных аспектов использования нейросетей в научно-исследовательской деятельности, включая и различные «нечестные» методы; в заключении, будущим врачам предлагалось оценить возможный вклад и будущую роль нейросетей, в проведении научно-исследовательской деятельности.

Результаты исследования. 100% студентов ($n = 238$) хоть раз слышали про нейросети. 91,17% ($n = 217$) полностью верно понимают, что такое нейросети. 83,61% ($n = 199$) имеют верное представление о принципах работы нейросетей и областях их применения. 56,72% ($n = 135$) имеют собственные идеи и мысли о возможном использовании нейросетей в научно-исследовательской деятельности. Среди всех будущих врачей, принимавших участие в исследовании ($n = 238$), подавляющее большинство – 84,87% ($n = 202$) хотя бы хоть 1 раз в жизни прибегали к использованию нейросетей, при этом 47,05% ($n = 112$) делало это неоднократно. При изучении целей использования нейросетей, обрабатывали мнения 202 студентов, которые хотя бы 1 раз в жизни прибегали к использованию нейросетей. В частности, было установлено, что наиболее частой причиной использования нейросетей стал банальный «интерес», при этом нейросети использовали, как для развлекательных, так и для учебных целей. Анализируя же ответы тех студентов ($n = 112$), кто прибегал к использованию нейросетей неоднократно, было установлено, что наиболее часто они использовали нейросети с развлекательной целью – 70,53% ($n = 79$), для помощи в учебе – 20,53% ($n = 23$) и лишь 8,92% ($n = 10$) пользовались нейросетями в научно-исследовательской деятельности.

Среди тех, кто хоть раз прибегал к использованию нейросетей ($n = 202$) – 14 студентов – 6,93% от числа студентов, использующих нейросети и 5,88% от общего числа студентов, входивших в исследование, признались в «нечестном» использовании нейросетей – для обхода системы антиплагиат, генерации источников литературы или написания текста. При общем же опросе студентов было установлено, что все 100% студентов ($n = 238$) считают возможным использование нейросетей в научно-исследовательской деятельности. О возможном «нечестном» использовании нейросетей в научно-исследовательской деятельности заявило 82,77% ($n = 197$): 82,77% ($n = 197$) сообщили о том, что знают о случаях использования нейросетей для обхода системы антиплагиат; 69,32% ($n = 165$) сообщили об использовании нейросетей для генерации текстов; 51,26% ($n = 122$) сообщили о случаях использования нейросетей для создания списка использованной литературы.

При этом о возможном использовании нейросетей в будущем при проведении научно-исследовательской деятельности заявили все студенты, входившие в исследование – 100% ($n = 238$); аналогично – все анкетированные (100%) сообщили о большой роли нейросетей и в практическом здравоохранении. При этом 88,23% ($n = 210$) будущих врачей уверены в том,

что нейросети будут и в будущем использоваться «нечестно» некоторыми людьми.

Выводы. На основании полученных данных можно с уверенностью сказать, что современные нейросети, начинают плотно входить не только в жизнь и учебу будущих медиков, но и в научно-исследовательскую деятельность. И хотя большая часть студентов использует нейросети для развлечения, все чаще их начинают применять и в иных сферах деятельности. Несмотря на то, что в большинстве случаев, нейросети используются «во благо», все больше данных появляется об использовании нейросетей для своеобразного обмана – помощи в написании научно-исследовательской работы или научной статьи; с целью обхода антиплагиата; с целью создания списка использованной литературы и т. д. Данный факт вызывает опасение, так как бесконтрольное использование нейросетей в научно-исследовательской деятельности может плавно перевести ее в «профанацию» и оказать вредное воздействие на целые области научно-исследовательской деятельности. Ведь с совершенствованием нейросетей и их развитием с каждым днем становится все сложнее понять, была ли научная статья написана человеком или сгенерирована искусственным интеллектом.

Список литературы:

1. Analysing the feasibility of using a neural network for generating English language assignments / I.A. Kiseleva [et al.] // Perspectives of Science and Education. – 2025. – № 1(73). – С. 319–335.
2. Нейросети и прогнозирование / О.Н. Барсуков [и др.] // Вестник МИРБИС. – 2024. – № 1(37). – С. 91–97.
3. О проблемах цифровой трансформации образования в медицинском вузе / Д.В. Судаков [и др.] // В сборнике: Педагогика, психология, общество: от теории к практике. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Чебоксары, 2022. – С. 79–83.
4. Перспективы внедрения цифровых технологий в учебный процесс медицинского вуза / О.В. Судаков [и др.] // В сборнике: Педагогика, психология, общество: от теории к практике: материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. БУ ЧР ДПО «Чувашский республиканский институт образования» Министерства образования и молодежной политики Чувашской Республики. – Чебоксары, 2022. – С. 121–124.

РИСКИ ПОВСЕМЕСТНОГО ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИИ В МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Е.И. Медведева^{1,2}, И.С. Крошили³
ИСЭПН ФНИСЦ РАН, г. Москва (1)
НИИОЗММ ДЗМ, г. Москва (2)
ФГБОУ ВО РГРТУ им. В.Ф. Уткина, г. Рязань (3)

Сегодня в медицине активно происходит цифровизация, и внедряются различные информационные технологии. Технологии искусственного интеллекта для принятия решений в медицине стали использоваться практически с момента их появления в кибернетике. Однако именно сейчас, благодаря быстрому и стремительному развитию

данного направления, они стали активно применяться при диагностике (обработке значительных объемов информации) и постановке диагноза. Данные тренды имеют как положительные, так и отрицательные последствия. Именно поэтому важно оценить все имеющиеся риски.

Ключевые слова: искусственный интеллект, информационные технологии, риски внедрения ИТ, медицина, эффективность здравоохранения.

THE RISKS OF WIDESPREAD ADOPTION OF AI TECHNOLOGIES IN MEDICAL ORGANIZATIONS

E.I. Medvedeva^{1,2}, I.S. Kroshilin³

Institute of Socio-Economic Studies of Population of the FCTAS RAS, Moscow (1)
Research Institute for Healthcare Organization and Medical Management of Moscow
Healthcare Department, Moscow (2)
Ryazan State Radio Engineering University, Ryazan (3)

Today, digitalization is actively taking place in medicine and various information technologies are being introduced. Artificial intelligence technologies for decision-making in medicine have been used almost since their appearance in cybernetics. However, right now, thanks to the rapid and rapid development of this area, they have become actively used in diagnosis (processing significant amounts of information) and diagnosis. These trends have both positive and negative consequences. That is why it is important to assess all the available risks.

Keywords: artificial intelligence, information technology, risks of IT implementation, medicine, healthcare efficiency.

Только по «самым скромным оценкам» специалистов в области кибернетики и внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) данные системы способны принять решение (поставить диагноз) в 150 раз быстрее, чем медицинский специалист [1-3]. Очевидно, что такая «скорость» очень важна, когда от правильного и своевременного решения зависит жизнь человека. Но всегда уместен вопрос о том, насколько правильно принято решение о направлении лечения, подборе лекарств и тп.? Самое главное кто же в итоге будет «отвечать» в случае «ошибки», т. е. нести ответственность. Эти вопросы актуальны сегодня не только для медицины, но и для всех отраслей. Например, в области управления беспилотным автомобилем на основе ИИ и иных сферах.

Сложно отрицать прогресс и «успехи», которые уже достигнуты на программном уровне при создании плавающих алгоритмов, способных к самообучению, т. е. на основе программ, использующих ИИ. Сегодня на основе ИИ создается контент для социальных сетей, «рисуются» анимация, «записывается» видео, «сочиняется» текст песен и даже «пишется» текст для различных статей. Обыкновенному человеку с развитием данной технологий становится всё сложнее отличить «сгенерированный» контент, от «реального», т. е. написанного человеком.

ИИ активно используется для решения медицинских задач [2]. Приведем лишь некоторые направления:

1. *Коммуникация с пациентом:* внедрение в первичном звене здравоохранения, где активно используются чат-боты с ИИ [4]. Это необходимо для осуществления предварительной консультации пациентов, записи на прием,

«отслеживания» (напоминания и предупреждения) посещения врача, получения результатов анализов и т.п. Технологии позволяют осуществлять запросы пациентов как с помощью текстового ввода информации, так и голосовым управлением.

2. *Навигация пациентов* – внутри МО осуществляется сопровождение пациентов с использованием комплексных автоматизированных медицинских информационных систем, которые «понимают» как оптимально можно реализовать все необходимые транзакции внутри поликлиники.
3. *Анализ информации и диагностика* реализуется на уровне обработки медицинской информации. В данном случае ИИ применяется для постановки диагнозов, обработки медицинской информации. Например, при Пандемии созданная система «распознавания стадий» протекания заболеванием Covid-19 помогла спасти множество жизней на основе оперативного принятия решений. При этом активно использовались и телемедицинские технологии, которые позволили всем российским врачам (в т. ч. удаленных регионов) использовать ресурсы данной системы [4, 5].
4. *Удаленный мониторинг* все активнее востребован для «наблюдения» за пожилыми пациентами, которые, как правило, имеют несколько заболеваний (являются коморбидными пациентами). При сопровождении таких больных важно помнить о всех диагнозах и стадиях протекания каждого из заболеваний, оперативно отслеживать показатели жизнедеятельности (например, сердечного ритма, артериального давления и т. д.) и принимать решения.
5. *Виртуальный помощник* (ассистент) – это еще одно из направлений использования ИИ. Эти «помощники» могут быть ассистентами не только для помощи врачу (второе мнение при постановке диагноза), но и использоваться для сопровождения пациентов, т. е. непосредственно самим человеком. Например, есть множество ИТ-решений для сопровождения, поддержки, которые используются психологами, а также в экстренных ситуациях.
6. *Обработка «больших данных»:* основное преимущество ИИ способность анализировать огромные массивы медицинской информации, которых в последнее время, благодаря цифровизации данной сферы, становится все больше. Такой анализ «открывает» значительные возможности для принятия взвешенных, обоснованных и эффективных решений, не только для повседневных задач в медицине, но и при выборе стратегических решений от которых зависит здоровье отдельного взятого человека, и это важно на уровне страны для всей популяции. Особенную актуальность данное направление приобрело в период Пандемии.

Очевидные преимущества применения ИИ позволяют эффективно решать многие задачи, которые стоят перед медициной. Это становится одним из направлений развития российского здравоохранения, которое сегодня ищет способы внедрения «лучших практик» использования ИИ для оказания медицинской помощи населению [5]. Однако существует задача и оценки

рисков, прежде всего защита от возможной «врачебной ошибки». Современное российское законодательство и правовое обеспечение не в полной мере готовы к специфике применения ИИ во всех отраслях. Кроме того, отношение к ИИ как со стороны профессионального медицинского сообщества, так и пациентов (людей) разнится.

По оценке ВЦИОМ [6] 76% наших граждан считают, что использовать ИИ можно для «оказания медицинских услуг врачом при условии, что решения принимает человек», лишь 5% согласны «заменить врача ИИ для исключения врачебных ошибок». Почти пятая часть (18%) уверены, что «применение ИИ недопустимо». При оценке рисков использования ИИ 58% людей указали на возможное «...принятие ошибочных решений» со стороны ИИ. Неоднозначна оценка и самими медиками. Например, по результатам опроса проведенного НИИОЗММ ДЗМ, медицинские работники при прямом вопросе относительно возможности on-line (ТМ-технологии с элементами ИИ) посещения терапевта, только 45% согласились на такой вариант, а треть – сказала «Нет» [1].

Среди рисков применения ИИ можно выделить: «относительную точность» (допущение ошибок при неверной настройке алгоритмов или при «обучении» системы); «проблема конфиденциальности» (утечка информации); вопросы «медицинской этики» (учет особенностей медицинских этических аспектов ИИ неизвестны); влияние на процесс применения мнений «разработчиков» (создание и сопровождение решений на базе ИИ); допущение «ошибок» на любом этапе (кто несет ответственность за ошибки принятия неверного решения – разработчик или заказчик – до сегодняшнего дня вопрос открытый). Правовое поле имеет достаточно много «пробелов» в вопросах использования ИИ. И не только в медицине.

Однако очевидно, что внедрение ИИ в здравоохранении может привести к значительным улучшениям в качестве оказания медицинской помощи, но одновременно требует тщательного анализа и купирования имеющих рисков. Прежде всего, это касается правого регулирования и конфиденциальности данных. И однозначно от полноты представленной информации зависит «правильность» принимаемых решений. Кроме того, стоит задача разработки новых этических принципов и стандартов медицины при внедрении обозначенных технологий [7].

Список литературы:

1. Использование цифровых технологий в деятельности медицинских организаций / Е.И. Аксенова, Е.И. Медведева, С.В. Крошилин // Здравоохранение Российской Федерации. – 2024. – Т. 68, № 5. – С. 356–363. – DOI: 10.47470/0044-197X-2024-68-5-356-363.
2. Искусственный интеллект: возможности, риски, программа действий / Е.И. Медведева // Московская медицина. – 2024. – № 1(59). – С. 94–96.
3. Современные технологии решения задач медицинской статистики / Т.Г. Авачева, А.В. Пруцков, О.В. Медведева // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2024. – № 2. – С. 292–303. – DOI: 10.24412/2312-2935-2024-2-292-303.
4. Чат-боты – современная реальность консультирования в медицине / Е.И. Аксенова, Е.И. Медведева, С.В. Крошилин // Здравоохранение Российской Федерации. – 2023. – Т. 67, № 5. – С. 403–410. – DOI: 10.47470/0044-197X-2023-67-5-403-410.

5. Необходимость развития информационных компетенций при подготовке студентов в медицинских вузах / Е.И. Медведева, С.В. Крошилин, Т.Г. Авачева // Медицинское образование и профессиональное развитие. – 2023. – Т. 14, № 1(49). – С. 66–78. – DOI: 10.33029/2220-8453-2023-14-1-66-78.

6. Доверие к ИИ. Обзор ВЦИОМ (24.12.2024 г.). Портал ВЦИОМ. – URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/doverie-k-ii> (дата обращения: 20.02.2025).

7. Есауленко И.Э., Петрова Т.Н., Толбин А.А., Саурина О.С. Оптимизация системы раннего выявления онкологических заболеваний в медицинских организациях амбулаторно-поликлинического звена // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2023. – Т. 31, № 4. – С. 635–642. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ609568](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ609568).

ЛАЗЕРЫ В СОВРЕМЕННОЙ СТОМАТОЛОГИИ

Я.Д. Казакевич

Научный руководитель: к.п.н., доцент М.Н. Дмитриева
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

Статья посвящена современному подходу в стоматологии – применению лазерных технологий для лечения зубов и мягких тканей полости рта. Рассматриваются два основных типа лазеров: диодные и эрбиевые. Основные направления применения включают терапию кариеса, эндодонтию, пародонтологию, хирургические вмешательства и эстетическую стоматологию. Особое внимание уделено диодному лазеру PICASSO LITE. Приведен клинический пример успешного использования лазера для гингивэктомии у пожилого пациента. Также указаны противопоказания к применению лазерной терапии. Статья подчеркивает преимущества лазерной стоматологии: высокую точность, минимальную инвазивность, снижение боли и дискомфорта, ускорение заживления и улучшение эстетических результатов лечения.

Ключевые слова: лазерные технологии, хирургическая стоматология, диодный лазер, лазер Picasso lite.

LASERS IN MODERN DENTISTRY

Y.D. Kazakevich

Scientific supervisor: Ph.D. of Pedagogic Sciences, Docent M.N. Dmitrieva
Ryazan State Medical University, Ryazan

The article is devoted to a modern approach in dentistry – the use of laser technologies for the treatment of teeth and soft tissues of the oral cavity. Two main types of lasers are considered: diode and erbium lasers. The main areas of application include caries therapy, endodontics, periodontology, surgical interventions and aesthetic dentistry. Special attention is paid to the PICASSO LITE diode laser. A clinical example of the successful use of a laser for gingivectomy in an elderly patient is given. Contraindications to the use of laser therapy are also indicated. The article highlights the advantages of laser dentistry: high accuracy, minimal invasiveness, reduced pain and discomfort, accelerated healing and improved aesthetic treatment results.

Keywords: laser technologies, surgical dentistry, diode laser, Picasso lite laser.

Введение. Лазерная стоматология – современный подход в лечении зубов, который основан на применении лазерных технологий. Главное преимущество использования лазеров заключается в их высокой точности и

минимальной инвазивности, что значительно снижает дискомфорт для пациента и ускоряет процесс восстановления.

В стоматологии используется два основных вида лазеров: диодные лазеры – для реконтурирования мягких тканей и эрбиевые лазеры – для работы на твердых тканях.

Принцип работы. Простейший принцип работы стоматологического лазера заключается в колебании луча света между оптическими зеркалами и линзами, набирающим силу с каждым циклом. Когда достигается достаточная мощность, луч испускается. Этот выброс энергии вызывает тщательно контролируемую реакцию [3, 4].

Основные направления лечения лазерами в стоматологии [2].

- Терапия: лечение кариеса, обработка карманов.
- Эндодонтия: обработка каналов.
- Пародонтология: лечение гингивита, стоматита, пародонтита.
- Хирургия: малотравматичное рассечение тканей, удаление новообразований, пластика уздечки.
- Эстетическая стоматология: отбеливание эмали, коррекция контура десны.

Стоматологический лазер PICASSO LITE в хирургии. В хирургической стоматологии высокоинтенсивное лазерное излучение применяется как альтернатива режущим инструментам. Данный хирургический инструмент обладает широким спектром биологического действия, высоким гемостатическим эффектом, стерильностью, а также бактерицидным действием, минимальным травмированием тканей, незначительным послеоперационным отеком, отсутствием или слабовыраженным болевым синдромом, а также минимальной кровопотерей.

Поскольку данный лазер является диодным, он воздействует только на мягкие ткани [1].

Стоматологическая поликлиника РязГМУ применяет данный тип лазеров, так как применение диодного лазера позволяет совершенствовать технику хирургического лечения и повысить эффективность лечения пациентов с различными стоматологическими заболеваниями полости рта.

Противопоказания. Онкологические заболевания, сердечно-сосудистые заболевания, беременность, сахарный диабет, возраст до 18 лет.

Клинический пример. Пациентка, 82 года, направлена из ортопедического отделения с целью проведения удлинения клинической коронки зуба. Объективно отмечается перелом коронковой части зуба. Пациентке под инфильтрационной анестезией проведено удаление коронковой части зуба, гингивэктомия в области зуба при помощи диодного лазера в импульсно-периодическом режиме с мощностью 0,7 Вт. Контур десневого края был восстановлен. Затем, в полости рта фиксирована ортопедическая конструкция. В послеоперационном периоде осложнений не наблюдали, отмечено, что в области проведенного оперативного вмешательства был сформирован оптимальный эстетический контур десны [1].

Отбеливание с помощью лазера Picasso. Еще одно направление лазера Picasso, которое получило широкое использование – это отбеливание зубов. Отбеливание с помощью лазера Picasso является самым щадящими из всех существующих видов отбеливания зубов в стоматологии.

При обучении на стоматологическом факультете уделяется внимание таким важным аспектам работы стоматолога как применение лазерных технологий в практике врача-стоматолога [5, 6].

Методы анализа теории и практики такого лечения, анализ клинических случаев позволяют сформировать у студентов соответствующие профессиональные компетенции. Использование данных лечения стоматологических больных и информационных технологий в их обработке включается в учебные программы ординаторов и повышении квалификации врачей [7-9].

Список литературы:

1. Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова: [Электронный ресурс]. – URL: <https://journals.eco-vector.com/pavlovj/article/view/9105> (дата обращения: 29.03.2025).
2. doctor.star-smile.ru: [Электронный ресурс]. – URL: <https://doctor.star-smile.ru/articles/ispolzovanie-lazera-v-ortodontii/> (дата обращения: 29.03.2025).
3. stolica-dent.ru: [Электронный ресурс]. – URL: <https://stolica-dent.ru/publications/article/373/> (дата обращения: 29.03.2025).
4. Староверов И.Н., Ильин М.В., Тихов А.В., Чураков С.О., Лончакова О.М., Джавоян М.Ф. Лазерные технологии в лечении артериальной патологии // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 4. – С. 645–656. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ633870](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ633870).
5. Роль преподавателя как личности в обучении и воспитании будущего врача-стоматолога / А.В. Гуськов, А.А. Шабанов, М.Н. Дмитриева, О.А. Лаут, Т.А. Васильева // Естественнонаучные основы медико-биологических знаний. Сборник докладов IV Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию РязГМУ. – Рязань, 2023. – С. 200–202.
6. Дмитриева М.Н., Дорошина Н.В. Значение баз данных в медицине // Материалы Ежегодной научной конференции Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова, посвященной 10-летию науки и технологий. – Рязань, 2022. – С. 62–64.
7. Дмитриева М.Н., Дорошина Н.В. Формирование компьютерной грамотности студентов-стоматологов // Информационный обмен в междисциплинарных исследованиях. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2022. – С. 80–83.
8. Успенская И.В., Тишкина Л.Н., Пешков М.В. Апробирование медико-социологического инструментария для оценки качества организации и стоимостной доступности стоматологической ортопедической помощи // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2023. – Т. 31, № 2. – С. 211–220. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ112586](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ112586).
9. Дмитриева М.Н., Дорошина Н.В. Использование медицинской информационной системы «Dental 4 windows» в обучении студентов стоматологов для формирования и развития их профессиональных компетенций // Инновационные технологии в науке, транспорте и образовании. Сборник статей международной научно-методической интернет-конференции. Под общей редакцией О.И. Садыковой, Е.И. Саниной, К.А. Сергеева, З.Л. Шулимановой. – 2018. – С. 47–51.

МЕЗИАЛЬНЫЙ ПРИКУС: СОВРЕМЕННЫЕ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ, ПОДХОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Е.Р. Ермакова, А.П. Авачев
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

Статья посвящена актуальным методам устранения мезиального прикуса – распространенного ортодонтического нарушения, характеризующегося перекрытием верхних зубов передними нижними зубами в переднем участке челюсти. В работе проводится всесторонний анализ современных подходов к коррекции данного состояния, включая как традиционные методы, так и новейшие достижения в области ортодонтии.

Ключевые слова: мезиальный прикус, патологический прикус, ортодонтическое лечение, аппаратная коррекция, брекет-системы, лицевая маска Диляра, хирургическое вмешательство, миофункциональная гимнастика, деформация зубных рядов.

MESIAL BITE: MODERN DENTAL TREATMENT METHODS, APPROACHES AND RECOMMENDATIONS

E.R. Ermakova, A.P. Avachev
Ryazan State Medical University, Ryazan

The article is devoted to current methods of eliminating mesial occlusion, a common orthodontic disorder characterized by overlapping of the upper teeth with the front lower teeth in the anterior jaw area. The work provides a comprehensive analysis of modern approaches to the correction of this condition, including both traditional methods and the latest achievements in the field of orthodontics.

Keywords: mesial occlusion, pathological process, orthodontic treatment, hardware correction, braces, Dilar facial mask, surgical intervention, myofunctional gymnastics, deformity of the dentition.

Патологический прикус (неправильный прикус) – это отклонение от нормы в строении зубочелюстного аппарата, при котором наблюдаются нарушения в работе жевательных мышц и височно-челюстного сустава. К патологическим прикусам относятся:

- дистальный прикус;
- мезиальный прикус;
- перекрестный прикус;
- открытый прикус;
- глубокий прикус.

Мезиальный прикус – зубочелюстная аномалия, которая объясняется выдвиганием нижней челюсти относительно верхней (мезиальное положение) [1].

Мезиальный прикус формируется под влиянием генетических, врожденных и приобретенных факторов. В период антенатального онтогенеза: заболевания беременной, родовые травмы новорожденного и другое. Также влияют аномалии зубов и полости рта, например, сверхкомплектные зубы [2] на нижней челюсти и поведенческие факторы: сосание верхней губы, пальцев и привычка подкладывать кулак или кисть руки под подбородок в положении сидя.

Современные методы лечения мезиального прикуса:

1. Аппаратная коррекция: на начальных стадиях заболевания хороший эффект дает применение лицевой маски Диляра. Она создает внеротовую тягу, способствующую выдвижению верхней челюсти вперед [3].
2. Ортодонтическое лечение: трейнеры – действуют на мышцы челюсти. Ортодонтические пластинки, которые корректируют мезиальную окклюзию. Ортодонтическая шапочка – выглядит как корсаж с эластичными бинтами, которые создают напряжение и натяжение на затылок и подбородок. Брекеты-системы.
3. Хирургическое вмешательство: при скученном положении зубов применяют метод удаления наименее ценных зубов с последующим выравниванием зубного ряда. К методам оперативного лечения относится решетчатая компактостеотомия и остеотомии по типу Ле Фор 1 или Ле Фор 2 [2].
4. Физиотерапия и миофункциональная гимнастика рекомендуются детям в период временного прикуса при появлении незначительных отклонений от нормы [3]. При серьезных патологиях одними упражнениями не обойтись, поэтому чаще всего они используются в комплексе с ортодонтическими и хирургическими методами лечения.

Лечение мезиального прикуса в период дошкольного и младшего школьного возраста проводится с помощью ортодонтических конструкций [4], таких как аппарата Брюкля, каппы Бынина, аппарата Андресена-Гойпля, открытого активатора Кламмта, аппарата Персина и активаторов Хоффмана. Все они, благодаря своему устройству, оказывают давление на челюсти и зубы пациента, тем самым способствуя исправлению патологического прикуса.

Лечение во взрослом возрасте проводится намного сложнее, так как окончательное развитие и формирование зубочелюстного аппарата уже произошло. Применяют в основном ортодонтические методы лечения в комбинации с межчелюстными тягами [1]. При скученном положении зубов применяют метод удаления наименее ценных зубов с последующим выравниванием зубного ряда [3]. К методам оперативного лечения относится остеотомии по типу Ле Фор 1 или Ле Фор 2.

Выводы:

1. Наилучшие результаты достигаются в период молочного или сменного прикуса.
2. Важную роль играет нормальное течение беременности и родов, грудное вскармливание, отучение ребенка от вредных привычек, правильное положение во время сна.
3. Необходимо своевременное лечение заболеваний, замедляющих или нарушающих рост челюстных костей.
4. Для достижения оптимальных результатов лечения и обеспечения комфорта пациента необходимо уделять внимание коррекции сопутствующих аномалий полости рта (сверхкомплектные зубы, аномалии уздечки языка и т. д.) [5].
5. Наиболее благоприятный период лечения – детский возраст.
6. По окончании лечения важно предотвратить рецидив зубочелюстной аномалии и обеспечить достаточный ретенционный период.

Список литературы:

1. Мезиальный прикус – симптомы и лечение / [Электронный ресурс] // проблезни: [сайт]. – URL: <https://probolezny.ru/mezialnyy-prikus/> (дата обращения: 23.03.2025).
2. Гайворонская М.Г., Гайворонский И.В. Функционально-клиническая анатомия зубочелюстной системы: учебное пособие [Текст] / М.Г. Гайворонская, И.В. Гайворонский. – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2016. – 128 с.
3. Иванов А.С., Лесит А.И., Солдатова Л.Н. Основы ортодонтии: учебное пособие [Текст] / А.С. Иванов, А.И. Лесит, Л.Н. Солдатова – 2-е изд. – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2017. – 223 с.
4. Мезиальный прикус / [Электронный ресурс] // Медицинский справочник болезней: [сайт]. – URL: <https://www.krasotaimedicina.ru/diseases/> (дата обращения: 23.03.2025).
5. Успенская И.В., Тишкина Л.Н., Пешков М.В. Апробирование медико-социологического инструментария для оценки качества организации и стоимостной доступности стоматологической ортопедической помощи // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2023. – Т. 31, № 2. – С. 211–220. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ112586](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ112586).

ЭТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ

В.П. Фасоля

Научный руководитель: ст. преп. Е.Н. Соколина
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В статье рассматриваются этические проблемы, возникающие в связи с внедрением больших данных, искусственного интеллекта и телемедицины в сферу здравоохранения. Анализируются вопросы конфиденциальности, безопасности данных, прозрачности алгоритмов, справедливости доступа и ответственности за принятие решений, основанных на цифровых технологиях.

Ключевые слова: цифровая медицина, этика, большие данные, искусственный интеллект, телемедицина, конфиденциальность, безопасность данных, алгоритмическая предвзятость.

ETHICAL ASPECTS OF USING DIGITAL TECHNOLOGIES IN MEDICINE

V.P. Fasolya

Scientific supervisor: senior lecturer E.N. Sokolina
Ryazan State Medical University, Ryazan

The article examines the ethical challenges arising from the introduction of big data, artificial intelligence and telemedicine in healthcare. The issues of confidentiality, data security, transparency of algorithms, fairness of access and responsibility for decision-making based on digital technologies are analyzed.

Keywords: digital medicine, ethics, big data, artificial intelligence, telemedicine, confidentiality, data security, algorithmic bias.

В эпоху стремительного развития цифровых технологий, медицина переживает трансформацию, охватывающую все аспекты здравоохранения. Внедрение больших данных, искусственного интеллекта (ИИ) и телемедицины открывает новые возможности для диагностики, лечения и профилактики

заболеваний, но одновременно ставит сложные этические вопросы, требующие тщательного анализа и регулирования. Без должного внимания к этим аспектам, блага цифровой медицины могут обернуться серьезными рисками для пациентов и общества в целом.

Большие данные (Big Data) в медицине представляют собой огромные массивы структурированной и неструктурированной информации, собранной из различных источников, таких как электронные медицинские карты, результаты анализов, генетические данные, данные с носимых устройств и социальные сети. Анализ этих данных позволяет выявлять закономерности, предсказывать риски заболеваний, оптимизировать лечение и улучшать качество медицинской помощи. Однако сбор, хранение и использование больших данных поднимает серьезные вопросы конфиденциальности. На практике, обеспечение полной анонимности медицинских данных может быть сложной задачей.

Искусственный интеллект (ИИ) всё шире применяется в медицине для решения различных задач, таких как диагностика заболеваний, разработка лекарств, персонализированная медицина и роботизированная хирургия. ИИ-алгоритмы, обученные на больших данных, могут превосходить врачей в точности диагностики некоторых заболеваний, таких как рак кожи. Однако использование ИИ в медицине поднимает вопросы прозрачности, справедливости и ответственности. Многие ИИ-алгоритмы являются «черными ящиками», то есть их внутренние механизмы принятия решений неясны даже для разработчиков. Это затрудняет оценку надежности и предвзятости алгоритмов, а также объяснение причин принятия тех или иных решений.

Существует проблема алгоритмической предвзятости: ИИ-алгоритмы могут воспроизводить и усиливать существующие неравенства в здравоохранении, если они обучены на данных, отражающих эти неравенства. Например, алгоритм, обученный на данных о пациентах определенной расы или социально-экономической группы, может давать неточные результаты для пациентов из других групп. В случае ошибки диагностики или лечения, основанного на ИИ, возникает вопрос, кто несет ответственность: врач, разработчик алгоритма или медицинское учреждение.

Телемедицина, использование телекоммуникационных технологий для оказания медицинской помощи на расстоянии, открывает новые возможности для улучшения доступности и качества здравоохранения, особенно в сельских и отдаленных районах, а также для пациентов с ограниченной мобильностью. Во время пандемии COVID-19 телемедицина стала незаменимым инструментом для оказания медицинской помощи и снижения нагрузки на медицинские учреждения. Однако телемедицина также ставит этические вопросы, связанные с качеством медицинской помощи, конфиденциальностью данных и равенством доступа. Не все пациенты имеют доступ к необходимому оборудованию и интернет-соединению для получения телемедицинских услуг. Это может усугубить существующие неравенства в здравоохранении.

Передача медицинских данных по телекоммуникационным каналам требует принятия мер по защите конфиденциальности и предотвращению

несанкционированного доступа. Медицинские организации должны использовать защищенные каналы связи и шифрование данных, а также обучать персонал правилам безопасного использования телемедицинских технологий. К тому же телемедицина не всегда может заменить очный осмотр врача. Врачи должны проводить очный осмотр пациента, если это необходимо для постановки точного диагноза и назначения эффективного лечения.

Для обеспечения этичного и ответственного использования цифровых технологий в медицине необходимо:

1. Разработать четкие этические и правовые рамки, разработать четкие этические принципы и правовые нормы, регулирующие сбор, хранение, использование и передачу медицинских данных, а также разработку и применение ИИ-алгоритмов в медицине.
2. Обеспечить прозрачность и объяснимость ИИ, разрабатывать ИИ-алгоритмы, которые являются прозрачными, чтобы врачи и пациенты могли понимать, как принимаются решения, и оценивать их надежность.
3. Бороться с алгоритмической предвзятостью, разрабатывать и обучать ИИ-алгоритмы на данных, которые отражают разнообразие населения, и проводить регулярные аудиты для выявления и устранения предвзятости.
4. Установить правила ответственности за решения, основанные на ИИ, и обеспечить возможность обжалования таких решений.
5. Обеспечить равный доступ к цифровым технологиям, принимать меры по обеспечению равного доступа к цифровым технологиям в медицине для всех пациентов, независимо от их места жительства, социально-экономического статуса и других факторов.
6. Обучать врачей и пациентов правилам безопасного и эффективного использования цифровых технологий в медицине, а также информировать их о рисках и преимуществах таких технологий.
7. Внедрить этические комитеты при медицинских учреждениях для рассмотрения вопросов, связанных с применением цифровых технологий.

Цифровые технологии обладают огромным потенциалом для улучшения здравоохранения, но их внедрение требует внимательного отношения к этическим аспектам. Обеспечение конфиденциальности, безопасности данных, прозрачности алгоритмов, справедливости доступа и ответственности за принятие решений, основанных на цифровых технологиях, является необходимым условием для этичного и ответственного использования цифровых технологий в медицине. Только в этом случае мы сможем в полной мере реализовать блага цифровой медицины и избежать серьезных рисков для пациентов и общества в целом.

Список литературы:

1. Angwin J., Larson J., Mattu S., & Kirchner L. Machine Bias. *ProPublica*. – 2016. – URL: <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing>.
2. European Commission. *Ethics Guidelines for Trustworthy AI*. – 2019. – URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>.

3. FDA. *Artificial Intelligence and Machine Learning (AI/ML)-Enabled Medical Devices*. – 2023. – URL: <https://www.fda.gov/medical-devices/software-medical-device-samd/artificial-intelligence-and-machine-learning-aiml-enabled-medical-devices>.

4. National Rural Health Alliance. *Telehealth*. – 2024. – URL: <https://www.ruralhealth.org.au/telehealth>.

5. Федосова О.А. Направления развития цифровой медицины / О.А. Федосова, Е.Н. Соколова, А.И. Иванов // Цифровое будущее современной медицины : Сборник докладов I Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, Рязань, 24–25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 2024. – С. 160–163. – URL: <https://www.rzgm.ru/images/upload/users/sc/bud.pdf>. – EDN IJWZLP.

6. Белова А.Н., Кузнецов А.Н., Сушин В.О., Резенова А.М., Шабанова М.А., Шейко Г.Е., Ананьев Р.Д. Теленейрореабилитация при неврологических нарушениях и заболеваниях: возможности, эффективность и препятствия // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 1. – С. 159–170. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ364502](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ364502).

7. Евдаков В.А., Артемьева Г.Б., Успенская И.В., Селявина О.Н. Внедрение методики оценки качества диспансеризации взрослого населения в систему внутреннего контроля качества и безопасности медицинской деятельности // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 4. – С. 607–614. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ636659](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ636659).

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ КАРИЕСА

В.В. Рудь-Панарин
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

Здоровье зубов играет ключевую роль в качестве жизни человека, влияя на физиологические функции, эстетику и общее состояние организма. Исследования среди детей 12–15 лет в Рязанской области выявили высокую распространенность кариеса (67–98%), что соответствует общероссийским эпидемиологическим данным. Это подчеркивает необходимость ранней диагностики, так как выявление кариеса на начальных стадиях позволяет минимизировать вмешательство и снизить затраты на лечение.

Традиционные методы (визуальный осмотр, рентгенография) обладают ограничениями: субъективность, лучевая нагрузка, неспособность обнаружить микроповреждения. В качестве альтернативы рассматриваются инновационные технологии.

Ключевые слова: кариес зубов, раннее выявление, флуоресценция, оптическая когерентная томография.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES USED IN THE EARLY DIAGNOSIS OF CARIES

V.V. Rud-Panarin
Ryazan State Medical University, Ryazan

Dental health plays a key role in a person's quality of life, affecting physiological functions, aesthetics, and the general condition of the body. Studies among children aged 12–15 in the Ryazan region revealed a high prevalence of caries (67–98%), which corresponds to the all-Russian epidemiological data. This highlights the need for early diagnosis, as the detection of caries in the initial stages minimizes intervention and reduces treatment costs.

Traditional methods (visual inspection, radiography) have limitations: subjectivity, radiation exposure, inability to detect micro-injuries. Innovative technologies are considered as an alternative.

Keywords: dental caries, early detection, fluorescence, optical coherence tomography.

Введение. Здоровые зубы – один из важных показателей состояния здоровья организма человека в целом. Качество жизни человека находится в прямой зависимости от сохранности зубных рядов. Зубы принимают участие в механической обработке пищи, образовании звуков речи. Кроме того, они являются важной эстетической частью лица, ухоженная внешность современного человека немыслима без красивых и здоровых зубов.

На основании результатов обследования 12-летних и 15-летних детей, была установлена высокая интенсивность и распространенность кариеса, гингивита и флюороза в Рязанской области, у 12-летних распространенность кариеса от 67% до 98%, у 15-летних распространенность кариеса от 73% до 98%, что соответствует данным эпидемиологического обследования в РФ. В настоящее время в стоматологии уделяется вопросам ранней диагностики кариеса, которая является ключевым фактором в сохранении здоровья зубов. Обнаружение патологии на начальных стадиях позволяет предотвратить прогрессирование кариеса зубов, минимизировать вмешательство и снизить затраты на лечение.

Актуальность. Традиционные методы, такие как визуальный осмотр, зондирование и рентгенография, не всегда эффективны для выявления скрытых или ранних форм кариеса.

Классические подходы включают зондирование, рентген и визуальную оценку. Однако они имеют недостатки: субъективность, невозможность выявления микроповреждений эмали, лучевая нагрузка. Это подчеркивает необходимость внедрения инноваций. Современные технологии открывают новые возможности, делая диагностику точной, безопасной и неинвазивной.

Материалы и методы. Изучение необходимой литературы проводилось по следующим базам данных: PubMed, Cochrane, eLIBRARY, Elsevier.

Результаты исследования.

1. Лазерная флуоресценция (DIAGNOdent).

Прибор DIAGNOdent использует лазерный луч, который, взаимодействуя с тканями зуба, вызывает флуоресценцию. Кариозные участки, содержащие меньше минералов, излучают свет с большей длиной волны. Система анализирует сигнал и определяет степень поражения, выявляя кариес даже в фиссурах и под пломбами.

2. Волоконно-оптическая трансиллюминация (FOTI).

Метод основан на пропускании света через зуб. Кариозные зоны рассеивают свет иначе, чем здоровые, проявляясь как темные пятна. FOTI особенно эффективен для диагностики кариеса на контактных поверхностях.

3. Количественная светоиндуцированная флуоресценция (QLF).

QLF использует синий свет для активации флуоресценции эмали. Потеря минералов снижает интенсивность свечения, что фиксируется камерой.

Технология позволяет оценить динамику реминерализации и эффективность профилактики. С помощью аппарата Qrausam методом количественной светоиндуцируемой флуоресценции получали флуоресцентные изображения поверхности эмали. На полученных изображениях проводили количественную оценку выявленных очагов деминерализации с помощью программы QA2 последующим показателям: средняя потеря минеральных компонентов эмалью (ΔF); максимальное значение потери минеральных компонентов в очаге поражения (ΔF_{\max}); объем поражения (ΔQ) и площадь поражения (WhiteSpotArea WSA).

4. Внутриротовые сканеры и 3D-визуализация.

Сканеры создают цифровые модели зубов, выявляя микротрещины и начальные формы кариеса. Алгоритмы анализируют текстуру и цвет эмали, повышая точность диагностики.

Преимущества инновационных методов является раннее выявление, таким образом, кариес диагностируется до образования полости. При этом полная безопасность обследования пациентов, так как метод не имеет радиации. Точность, за счет объективной оценки, что снижает риск ошибок. А также, минимальная инвазивность, с возможностью реминерализующей терапии, вместо пломбирования.

Выводы. Инновационные технологии трансформируют стоматологию, делая раннюю диагностику кариеса доступной и эффективной. Несмотря на проблемы – стоимость оборудования и обучение персонала – их внедрение оправдано снижением рисков для пациентов и долгосрочной экономией. Будущее за комбинацией методов: ИИ, лазерной диагностики и 3D-визуализации, что позволит сохранять здоровье зубов на десятилетия.

Список литературы:

1. Юрина С.В., Манухина Е.В., Успенская И.В., Юрин П.П., Тишкина Л.Н. Динамика стоматологической помощи населению Рязанской области в условиях пандемии COVID-19 // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 2. – С. 213–224. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ245794](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ245794).
2. Drevnitska R., Boykiv A., Avdeev O. Modern Scientific Trends In The Treatment And Prevention Of Dental Caries // Eastern Ukrainian Medical Journal. – 2024. – № 12. – P. 212–220.
3. Godovanets O., Romanuyk D., Hrynkevych L. Pre- And Post-Natal Methods For Preventing Early Childhood Caries // Neonatology, Surgery and Perinatal Medicine. – 2024. – № 14. – P. 150–156.
4. Methuen M., Kangasmaa H., Alaraudanjoki V.K. Prevalence of Erosive Tooth Wear and Associated Dietary Factors among a Group of Finnish Adolescents // Caries Res. – 2022. – № 56(5-6). – P. 477–487.
5. Machiulskiene V., Campus G., Carvalho J.C. Terminology of Dental Caries and Dental Caries Management: Consensus Report of a Workshop Organized by ORCA and Cariology Research Group of IADR // Caries Res. – 2020. – № 54(1). – P. 7–14.
6. Гришаева К.А., Севбитов А.В., Царёва Т.В., Ходоров А.В., Тимошина М.Д., Кузнецова М.Ю. Изменение микробиоты рта на различных этапах активного ортодонтического лечения // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 4. – С. 529–538. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ321672](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ321672).

DAPHNIA MAGNA ST. КАК ТЕСТ-ОБЪЕКТ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ БИСФЕНОЛА А

Ю.А. Поминчук¹, О.В. Баковецкая¹, С.С. Балашова¹,
Е.А. Трушкина², И.В. Ионова²
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань (1)
Рязанский филиал ЦЛАТИ по ЦФО, г. Рязань (2)

В статье представлены характеристики *Daphnia Magna St.*, применяемые в биотестировании при определении острой и хронической токсичности вещества. Сделаны выводы о возможности использования данного объекта в качестве модельной тест системы. Отмечены реакции рачков на действие бисфенола А.

Ключевые слова: бисфенол А, *Daphnia magna St.*, токсичность среды.

DAPHNIA MAGNA ST. AS A TEST OBJECT FOR STUDYING THE EFFECTS OF BISPHENOL A

Yu.A. Pominchuk¹, O.V. Bakovetskaya¹, S.S. Balashova¹,
E.A. Trushkina², I.V. Ionova²
Ryazan State Medical University, Ryazan (1)
Ryazan branch of the Center for Laboratory Analysis and Technical
Measurements in the Central Federal District, Ryazan (2)

The article presents the characteristics of *Daphnia Magna St.*, used in biotesting to determine the acute and chronic toxicity of the substance. Conclusions are drawn about the possibility of using this facility as a model test system. The reactions of crustaceans to the action of bisphenol A are noted.

Keywords: bisphenol A, *Daphnia magna St.*, environmental toxicity.

Биотестирование представляет собой простой, но чувствительный метод установления токсичности среды с помощью тест-объектов. Он позволяет обнаружить неустойчивые соединения или определить ультрамалые концентрации токсических веществ, а также учесть их совместное действие. Выбор способа учета тест-параметра определяется методикой исследований, особенностями самого тест-организма и возможностями лаборатории. Биотестирование дает возможность быстрого получения интегральной оценки токсичности в конкретный момент времени.

В качестве модельной тест-системы могут выступать как живые организмы, чувствительные к воздействию загрязнителей, так и модели *in vitro*, к которым относятся клеточные культуры. Биологические модели организменного уровня, использующиеся для биотестирования, разнообразны, например, колонии микроводорослей, протистов или ракообразных. Использование беспозвоночных в качестве модельного тест-объекта не заменяет комплексные исследования токсичности ксенобиотиков, однако является важной их частью [1, 2].

Среди загрязнителей наибольший интерес представляют вещества, часто используемые человеком, например, бисфенол А – ксенобиотик, входящий в состав поликарбонатов. В связи с широким распространением пластика

встречается повсеместно. В результате исследований бисфенол А был обнаружен в пыли, поверхностных водах, промышленных сточных водах, осадках и почве. Основным его источником является промышленные выбросы и сбросы, а также деградация товаров хозяйственного назначения, изготовленная из поликарбоната.

Дафнии являются важным звеном пищевой цепи в водной экосистеме, потребляя водоросли и являясь пищей для других организмов. Эти ракообразные способствуют переносу вещества по трофической сети, их воспроизводство и выживаемость может влиять на экосистему. При воздействии загрязнения окружающей среды поведенческие реакции *D. magna* напрямую отражают возникновение чувствительности *in vivo* к токсическим элементам.

Методика биотестирования с использованием дафний (*Daphnia magna* Straus) основана на определении изменения тест-параметров при воздействии токсикантов, присутствующих в исследуемой водной среде, по сравнению с контрольной культурой в пробах, не содержащих токсических веществ. Так при помощи дафний определяется безвредность вещества, острая или хроническая токсичность. Среди тест-параметров наиболее часто используют поведенческие реакции, выживаемость, плодовитость, изменение ферментативной и метаболической активности организмов, а также их морфологических характеристик.

Существуют методики определения как острой, так и хронической токсичности соединений. Основным токсикологическим показателем вредного воздействия ксенобиотиков, в частности бисфенола А, является выживаемость опытных групп Дафний по сравнению с контролем. Например, воздействие 6, 9, 12,5 или 18,75 мг/л бисфенола А снизило показатели выживаемости *D. magna* до 86,67%, 30,00%, 13,33% и 0% соответственно, в то время как обработка каждой из двух более низких концентраций ВРА (2,67 и 4,00 мг/л) не вызвала очевидных изменений в смертности по сравнению с контрольной группой [3]. Исследование летальной концентрации 50 (LC₅₀) в точках времени 24 и 48 часов после воздействия бисфенола А оценились в 52 мкМ и 20 мкМ соответственно [5].

Помимо выживаемости исследуются и другие характеристики, в частности, оценка окислительного стресса. Бисфенол А может действовать как гормональный имитатор и вызывать ранние аномалии развития и репродуктивные дисфункции, изменение соотношения полов, нарушение регенерации и аномалии линьки и структуры ротового аппарата у водных беспозвоночных [4]. Существуют исследования, сосредоточенные на поиске молекулярных маркеров, связанных с детоксикацией, антиоксидантами, развитием и клеточным стрессом у *D. magna*, подвергшихся воздействию различных концентраций ВРА. В частности, было обнаружено, что системы, связанные с GSH, и стрессовые белки могут быть вовлечены в клеточную защиту от токсичности, опосредованной ВРА [4, 6]. Результаты qRT-PCR показали, что экспрессия ряда генов была значительно подавлена после воздействия 5000 нМ ВРА [3]. Кометные анализы указали на значительное

повышение повреждений ДНК, вызванного ВРА, по сравнению с контрольными образцами, с большей длиной кометы и хвоста [5].

На фоне воздействия бисфенола А в большинстве исследований было отмечено уменьшение двигательной активности взрослых особей [6]. Повышенная плодовитость, но сниженная длина тела и скорость плавания поколения F₁ наблюдались после воздействия 5000 нМ ВРА [3]. Так же после воздействия бисфенола А наблюдалось сокращение частоты сердечных сокращений [6].

Дафнии, как модельная текст-система, позволяют проводить токсикологическое исследование по определению концентраций, вызывающих острую и хроническую токсичность вещества на организм, а также оценить отдаленные эффекты ксенобиотика как по изменению плодовитости поколения F₀, так и по изменению характеристик у разных поколений ракообразных.

Список литературы:

1. Ипатова В.И., Лазарева А.М. Концентрация или доза токсиканта в биотестировании с использованием микроводорослей // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. – 2022. – № 5. – С. 54–65.
2. Терехова В.А. Технологии биотестирования в оценке экотоксичности отходов // Экология производства. – 2009. – № 1. – С. 48–51.
3. Chen S., Li X., Li H. et al. Greater toxic potency of bisphenol AF than bisphenol A in growth, reproduction, and transcription of genes in *Daphnia magna* // Environ Sci Pollut Re. – 2021. – № 28. – P. 25218–25227.
4. Kim RO., Kim H. & Lee YM. Evaluation of 4-nonylphenol and bisphenol A toxicity using multiple molecular biomarkers in the water flea *Daphnia magna* // Ecotoxicology. – 2019. – № 28. – P. 167–174.
5. Sreevidya C.P., Manoj Kumar T.M., Balakrishnan S., Kunjiraman S., Sarasan M., Magnuson J.T., Puthumana J. Establishment of a cell culture from *Daphnia magna* as an in vitro model for (eco)toxicology assays: Case study using Bisphenol A as a representative cytotoxic and endocrine disrupting chemical // Aquatic Toxicology. – 2025. – № 278.
6. Qian L., Chen C., Guo L., Deng J., Zhang X., Zheng J., Wang G., Zhang X. Developmental and Reproductive Impacts of Four Bisphenols in *Daphnia magna* // Int J Mol Sci. – 2022. – № 23(23).

АППАРАТНАЯ МПМР/УЗ ФЬЮЖН, КОГНИТИВНАЯ И IN-ВОРЕ БИОПСИЯ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЫЯВЛЯЕМОСТИ РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

С.О. Медведева

Научные руководители: к.м.н. В.С. Петов, д.м.н., доцент Г.Е. Крупинов,
д.м.н., профессор А.В. Амосов
ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет), г. Москва

В статье представлены данные о сравнительном анализе МР-прицельной биопсии. МР-прицельная биопсия простаты – это современный метод диагностики, который значительно улучшает возможность выявления рака предстательной железы. В последние годы технологии магнитно-резонансной томографии (МРТ) стали неотъемлемой частью

диагностики онкологических заболеваний, и эту тенденцию полностью поддерживает внедрение МР-прицельной биопсии. Этот метод позволяет врачам не только визуализировать железу с высокой точностью, но и направлять биопсийные иглы на конкретные подозрительные участки, что значительно увеличивает вероятность получения точных и информативных образцов ткани.

Ключевые слова: диагностика рака, новые технологии, современное оборудование, рак предстательной железы, МР-прицельная биопсия, аппаратная мпМР/УЗ фьюжн биопсия, когнитивная биопсия, in-bore биопсия.

HARDWARE MPMR/UZ FUSION, COGNITIVE AND IN-BORE BIOPSY: A COMPARATIVE ANALYSIS OF PROSTATE CANCER DETECTION

S.O. Medvedeva

Scientific supervisors: Ph.D. of Medical Sciences V.S. Petov,

Doctor of Medical Sciences, Docent G.E. Krupinov,

Doctor of Medical Sciences, Professor A.V. Amosov

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

(Sechenov University), Moscow

The article presents data on a comparative analysis of MR-targeted biopsy. MR-targeted prostate biopsy is a modern diagnostic method that significantly improves the ability to detect prostate cancer. In recent years, magnetic resonance imaging (MRI) technologies have become an integral part of cancer diagnostics, and this trend is fully supported by the introduction of MR-targeted biopsy. This method allows doctors not only to visualize the gland with high accuracy, but also to direct biopsy needles to specific suspicious areas, which significantly increases the likelihood of obtaining accurate and informative tissue samples.

Keywords: cancer diagnostics, new technologies, modern equipment, prostate cancer, MR-targeted biopsy, hardware mpMR/ultrasound fusion biopsy, cognitive biopsy, in-bore biopsy.

Введение. В настоящее время выделяют три метода МР-прицельной биопсии: аппаратная мпМР/УЗ фьюжн (FUS-TB), когнитивная (COG-TB) и in-bore (IB-TB) биопсия. Согласно Европейской ассоциации урологов, указанные методы считаются равнозначными, но сила рекомендации слабая. Исследования, в которых проводилось прямое сравнение трех методов, немногочисленны, а результаты противоречивы.

Цель исследования. Сравнить выявляемость клинически значимого (кзРПЖ), клинически незначимого (кнзРПЖ) и общую выявляемость РПЖ при проведении аппаратной мпМР/УЗ фьюжн, когнитивной и in-bore биопсии в смешанной когорте пациентов.

Материалы и методы. Проведено проспективное нерадомизированное контролируемое двуцентровое исследование. Критерии включения: первичные пациенты с подозрением на РПЖ и пациенты с ранее проведенной биопсией и сохраняющимся подозрением на РПЖ (ПСА ≥ 2 нг/мл и/или подозрительный участок при ТРУЗИ, и/или «положительное» ПРИ и очаг PI-RADS v2.1 ≥ 3). Всем проведена мультипараметрическая МРТ (Siemens Magnetom Skyra 3T, Philips Ingenia 3T). Изменения простаты оценивали по системе PI-RADS v2.1. FUS-TB (MIM Software, MIM Symphony) выполнялась трансперинеально (3-5 биоптатов) в комбинации с сатурационной (> 20

биоптатов). СОГ-ТВ выполнялась трансректально (3-5 биоптатов) в комбинации со стандартной (8-12 биоптатов). ИВ-ТВ (Invivo, DynaCAD) выполнялась трансректально (2-3 биоптата). Клинически значимым считался РПЖ ISUP ≥ 2 .

Результаты. В исследование включен 481 пациент, из них 334 выполнена FUS-ТВ, 102 – СОГ-ТВ и 45 – ИВ-ТВ. Уровень ПСА ($p = 0,16$), плотность ПСА ($p = 0,4$) и объем простаты ($p = 0,98$) значимо не отличались. В то же время группы различались по возрасту ($p < 0,01$), частоте очагов PI-RADS 3 и 5 баллов ($p < 0,01$; $p = 0,01$), характеру выполняемой биопсии: первичная ($p < 0,01$) или повторная ($p < 0,01$). Общая выявляемость РПЖ при сравнении FUS-ТВ (43,4%), СОГ-ТВ (42,1%) и ИВ-ТВ (40,0%) статистически значимо не различалась ($p = 0,89$), как и выявляемость кзРПЖ (23,1%, 30,3% и 35,5%; $p = 0,09$). Выявляемость кнзРПЖ при выполнении ИВ-ТВ (4,4%) по сравнению с FUS-ТВ (20,4%) и СОГ-ТВ (11,8%) оказалась статистически достоверно меньше ($p < 0,01$). Добавление систематических методов биопсии к FUS-ТВ и СОГ-ТВ приводило к статистически незначимому увеличению выявляемости кзРПЖ на 6,6% ($p = 0,054$) и 4,0% ($p = 0,55$), соответственно. Доля положительных биоптатов ($p = 0,76$), длина поражения биоптата РПЖ ($p = 0,08$), как и частота корректного определения ISUP после простатэктомии ($p = 0,2$) значимо не отличались.

Заключение. Общая выявляемость РПЖ, как и его клинически значимых форм, сопоставима при сравнении трех методов МР-прицельной биопсии простаты. In-bore биопсия характеризуется наименьшей выявляемостью клинически незначимого РПЖ. Гистологическая эффективность, как и корректное определение ISUP сопоставимы при сравнении трех методов МР-прицельной биопсии. Добавление систематических методов биопсии не приводит к статистически значимому увеличению выявляемости клинически значимого РПЖ. Таким образом, внедрение МР-прицельной биопсии не только повышает качество диагностики, но и вносит значительный вклад в улучшение исходов лечения пациентов, что подчеркивает важность технологического прогресса в медицинской области.

Список литературы:

1. F.-J. H. Drost et al. Prostate MRI, with or without MRI-targeted biopsy, and systematic biopsy for detecting prostate cancer. – 2019. – Vol. 4, N 4. Accessed: May 05, 2023. [Online]. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31022301/>.
2. Rezapour A., Alipour V., Moradi N., and Arabloo J. Cost-Effectiveness of Multiparametric Magnetic Resonance Imaging and Targeted Biopsy Versus Systematic Transrectal Ultrasound-Guided Biopsy for Prostate Cancer Diagnosis: A Systematic Review // Value Heal. Reg. issues. – 2022. – Vol. 30. – P. 31–38. – DOI: 10.1016/J.VHRI.2021.10.007.
3. Мерцалов С.А., Куликов Е.П., Стрельников В.В., Калинин А.И., Шумская Е.И., Пискунов Р.О. Сравнительный анализ профиля экспрессии генов в опухолевой и здоровой ткани у больных колоректальным раком // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2023. – Т. 31, № 2. – С. 273–282. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ134974](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ134974).

**ФОЛЛИКУЛЯРНАЯ ЖИДКОСТЬ КОБЫЛ (EQUUS CABALLUS)
КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА ДЛЯ РАЗВИТИЯ
ООЦИТА IN VIVO / IN VITRO**

В.В. Калашников¹, Л.Ф. Лебедева¹, Е.В. Солодова¹,
О.В. Баковецкая², А.А.Терехина²

ФГБНУ «ВНИИ коневодства», Рязанская область, Рыбновский район,
пос. Дивово (1)

ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань (2)

В статье представлены результаты исследовательской работы посвященные изучению транскрипционных факторов VEGF, TNF- α , Nrf2 в фолликулярной жидкости кобыл. Проанализировано их количество и значение в процессах фолликуло- и оогенеза.

Ключевые слова: фолликулярная жидкость, кобылы, ооциты, транскрипционные факторы.

**FOLLICULAR FLUID OF MARES (EQUUS CABALLUS)
AS A BIOLOGICAL ENVIRONMENT FOR OOCYTE DEVELOPMENT
IN VIVO / IN VITRO**

V.V. Kalashnikov¹, L.F. Lebedeva¹, E.V. Solodova¹,
O.V. Bakovetskaya², A.A.Terehina²

All-Russian Research Institute of Horse Breeding, Ryazan region, Rybnovsky
district, village Divovo (1)

Ryazan State Medical University, Ryazan (2)

The article presents the results of a research paper on the study of transcription factors VEGF, TNF- α , Nrf2 in the follicular fluid of mares. Their number and importance in the processes of folliculogenesis and oogenesis are analyzed.

Keywords: follicular fluid, mares, oocytes, transcription factors.

Для осуществления различных методов вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) в коневодстве, ветеринарной биотехнологии и медицине проводят манипуляции с половыми клетками, в частности с ооцитами. Рост и созревание ооцитов у млекопитающих происходит в фолликулах яичников. По мере созревания ооцита происходят преобразования и в самом фолликуле. В циклах ВРТ используются антральные и предовуляторные фолликулы, их структурными компонентами являются базальная мембрана, два слоя клеток теки и клетки гранулезы, часть которых совместно с ооцитом формируют ооцит-кумуляный комплекс. Несмотря на то, что клетки кумулюсного слоя имеют происхождение из клеток гранулезы, в дальнейшем существенно изменяется их функционал относительно секреторной способности. Они играют важную роль в достижении ооцитами цитоплазматического созревания, которое необходимо для формирования пронуклеусов и дальнейшей способности к развитию. Клетки кумулюсного слоя имеют цитоплазматические отростки, которые непосредственно контактируют с клеточной мембраной ооцита посредством щелевидных соединений. Коммуникация «ооцит – клетки кумулюса – клетки гранулезы» является двунаправленной, так ооцит получает питательные вещества (сахара,

аминокислоты и др.) и сигнальные молекулы, регулирующие процесс оогенеза. В то же время ооцит секретирует мощные факторы роста, которые действуют локально, направляя дифференцировку и функцию клеток кумулюса [1]. Все вышеперечисленные взаимодействия происходят в среде фолликулярной жидкости (ФЖ), образующейся благодаря секреции клеток теки и гранулезы и переносу компонентов плазмы крови. Благодаря непосредственной близости фолликулярной жидкости к созревающему ооциту эта жидкость позволяет получить уникальное представление о процессах, происходящих во время созревания фолликула [4]. Кроме того, она может свидетельствовать о качестве ооцита и потенциале его дальнейшего развития. Состав ФЖ представлен стероидными гормонами, ферментами, электролитами, цитокинами, метаболитами, антиоксидантами, факторами роста, различными транскрипционными факторами [3]. Изучение этих показателей имеет принципиальное значение для понимания процессов и механизмов, происходящих в фолликуле. Проведение протеомного анализа ФЖ могло бы существенно помочь в поиске ключевых маркеров функционального состояния яичников. Это стало возможным благодаря современной методологической и приборной базе. Особый интерес в этой связи представляет изучение показателей VEGF, TNF- α , Nrf2.

Экспериментальное исследование проведено на опытной конюшне ВНИИК на 6 кобылах в возрасте от 6 до 12 лет. Пунктирование ФЖ проводили в двух сезонах половой активности кобыл, соответствующих весеннему переходному периоду с ановуляторными циклами, и овуляторной фазе с нормальной половой цикличностью и овуляцией. На основе ультразвукового исследования яичников определяли количество и размер фолликулов.

VEGF – фактор роста эндотелия сосудов, в фолликуле VEGF вырабатывается клетками гранулезы и теки [3]. В регуляции фолликулярного ангиогенеза ему отводится ключевая роль, как инициатора формирования капиллярной сети, которая необходима для обеспечения должного питания ооцита. По литературным данным уровень VEGF в ФЖ значительно повышается по мере развития фолликула, достигая максимума перед овуляцией, что подчеркивает его важную роль в выборе доминантного фолликула и последующей активации примордиальных [5]. В наших исследованиях повышение относительного количества VEGF было в ФЖ полученной из крупных фолликулов весеннего переходного периода с признаками лютеинизации. Это можно связать с процессом образования желтого тела, который неразрывно связан с ангиогенезом. Ведь буквально каждая клетка желтого тела богата снабжена капиллярами [6].

TNF- α – фактор некроза опухоли, синтезируется клетками кумулюсного слоя, ооцитом и макрофагами. Данный фактор регулирует процесс атрезии фолликулов, вызывая апоптоз ооцитов, а так же клеток стромы, гранулезы. Интересно отметить, что способность TNF- α вызывать атрезию зависит от стадии созревания фолликула. Так, в низких дозах фактор стимулирует рост клеток гранулезы, а в высоких – вызывает апоптоз [3]. В проведенных исследованиях относительное количество TNF- α было высоким в ФЖ из

крупных лидирующих фолликулов у циклических кобыл в период естественного эструса. Данное повышение, вероятно, связано с его ролью как провоспалительного фактора участвующего в процессе овуляции. Некоторые источники указывают на роль TNF- α в повышении проницаемости сосудов в тканях яичников [7].

Nrf2 – фактор транскрипции, который регулирует антиоксидантную защиту клеток. Процессы фолликуло- и оогенеза характеризуются колоссальными перестройками, ведущими к активации метаболизма и как следствие повышение образования активных форм кислорода (АФК). Nrf2 активируется под действием факторов окислительного стресса, путем положительной регуляции клеточной антиоксидантной защиты, в частности контролируя экспрессию глутатион-S-трансферазы, супроксиддисмутазы, каталазы, гемоксигеназы и др. Следует заметить, что прооксиданты могут играть роль сигнальных молекул в изменении клеточного метаболизма, в частности проводить к запуску процесса овуляции. Важна роль Nrf2 в противовоспалительных процессах, так как он способствует снижению экспрессии провоспалительных цитокинов, в частности, TNF- α [8].

Детальное изучение процессов фолликуло- и оогенеза необходимо для оптимизации репродуктивных технологий получения зрелых ооцитов *in vitro*. Данная технология предоставит возможность получать ооциты из фолликулов разной степени зрелости при их отборе, с последующим дозреванием *in vitro*. На сегодняшний день известно, что в процессе культивации незрелых ооцитов происходит их преждевременное мейотическое созревание, запуск которого *in vivo* осуществляется в ответ на каскад гонадотропинов. Как следствие, ооциты *in vitro* не приобретают нужной компетенции в дальнейшем и эмбрионы имеют нарушенный потенциал развития [2]. Изучение состава ФЖ в динамике фолликулогенеза необходимо и полученные данные целесообразно использовать в создании искусственных сред при культивировании ооцитов. Это является важной задачей для современной репродуктологии как в коневодстве, так и в ветеринарной биотехнологии и медицине.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-16-00226).

Список литературы:

1. Gilchrist R.B., Lane M., Thompson J.G. Oocyte-secreted factors: regulators of cumulus cell function and oocyte quality // *Hum Reprod Update*. – 2008. – № 14(2). – P. 159–177.
2. Gilchrist R.B., Thompson J.G. Oocyte maturation: Emerging concepts and technologies to improve developmental potential *in vitro* // *Theriogenology*. – 2007. – № 67(1). – P. 6-15.
3. Pan Y., Pan C., Zhang C. Unraveling the complexity of follicular fluid: insights into its composition, function, and clinical implications // *J Ovarian Res*. – 2024. – № 237(17).
4. Zamah A.M., Hassis M.E., Albertolle M.E. et al. Proteomic analysis of human follicular fluid from fertile women // *Clin Proteom*. – 2015. – № 12(5).
5. Nishigaki A., Tsuzuki-Nakao T., Kido T., Kida N., Kakita-Kobayashi M., Murata H., et al. Concentration of stromal cell-derived factor-1 (SDF-1/CXCL12) in the follicular fluid is associated with blastocyst development // *Reprod Med Biol*. – 2019. – № 18(2). – P. 161–166.

6. Марченко Л.А. Желтое тело. Механизмы формирования и регресса // Гинекология. – 2000. – № 2(5). – С. 136–140.
7. Alhilali M.J., Parham A., Attaranzadeh A. et al. Prognostic role of follicular fluid tumor necrosis factor alpha in the risk of early ovarian hyperstimulation syndrome // BMC Pregnancy Childbirth. – 2020. – № 691.
8. Шиловский Г.А., Сорокина Е.В., Орловский И.В. Транскрипционный фактор nrf2 – мишень активирующей антиоксидантную систему клетки препаратов: перспективы применения при возрастных заболеваниях // Клиническая геронтология. – 2021. – № 11-12.

КОНТИНУАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ МУТО ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ДИНАМИКИ КОНФОРМАЦИОННОГО ВОЗМУЩЕНИЯ В МОЛЕКУЛЕ ДНК

М.А. Вологжин¹, Л.А. Краснобаева^{1,2}
ФГАОУ ВО НИ ТГУ, г. Томск (1)
ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, г. Томск (2)

В данной работе исследуется динамика модели Мутто: осуществляется попытка континуализация исходно дискретной модели Мутто. Модель Мутто акцентирует внимание на взаимодействиях между различными компонентами живых организмов и их окружением, а также на том, как эти взаимодействия влияют на поведение и эволюцию систем, что является актуальным на сегодняшний день для выяснения функционирования биологических систем.

Ключевые слова: модель Мутто, конформационное возмущение, ДНК, репликация, трансляция, транскрипция.

CONTINUALIZATION OF THE MUTO MODEL IN STUDYING THE DYNAMICS OF CONFORMATIONAL PERTURBATION IN THE DNA MOLECULE

M.A. Vologzhin¹, L.A. Krasnobaeva^{1,2}
National Research Tomsk State University, Tomsk (1)
Siberian State Medical University, Tomsk (2)

This paper examines the dynamics of the Muto model: an attempt to continuousize the initially discrete Muto model is made. The Muto model focuses on the interactions between the various components of living organisms and their environment, as well as how these interactions affect the behavior and evolution of systems, which is relevant today for understanding the functioning of biological systems.

Keywords: Muto model, conformational perturbation, DNA, replication, translation, transcription.

Введение. Исследование физических моделей ДНК позволяет получать количественные оценки процессов, протекающих как внутри структуры, так и за ее пределами. Разработка и проверка работоспособностей различных моделей позволяет впоследствии внедрять их в более сложные программы/модели.

В частности, при моделировании воздействия ионизирующего излучения на клеточные структуры имеется необходимость некоторым образом задавать ДНК-структуру. При этом ее можно задавать, например, сугубо геометрически,

т. е. располагая молекулы в фиксированных точках пространства без расчета их динамики, но также можно задать начальные условия для молекулы ДНК, позволяя ее структурным элементам перемещаться в пространстве, что открывает возможность для описания основных процессов, связанных с ДНК: репликация, трансляция, транскрипция и денатурация.

В настоящей работе рассматривается модель Муто, состоящая из взаимодействующих точек, являющаяся по своей сути плоской и дискретной моделью ДНК. Выбор ее в качестве объекта исследования был обусловлен пониженной размерностью, а именно двухмерной, что отличает ее от многих других популярных трехмерных моделей ДНК. Геометрическое представление изображено на рисунке 1.

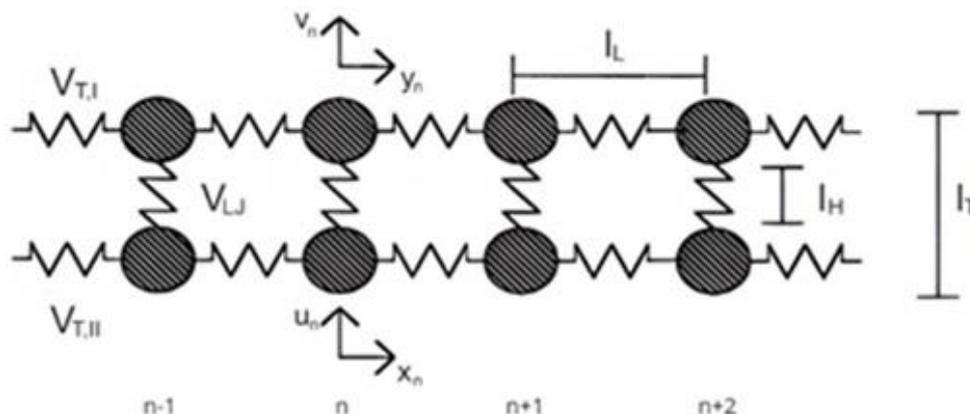


Рис. 1. Графическое представление дискретной модели Муто

Уравнения, описывающие динамику дискретной модели Муто, могут быть найдены в работе [1]. Попытка континуализации модели основывается на ряде предположений.

- Тождественное преобразование функции материальной точке к ее континуализированной версии:

$$\frac{d^2}{dt^2} u_n(t) \rightarrow \frac{\partial^2}{\partial t^2} u(x, t), \quad \frac{d}{dt} u_n(t) \rightarrow \frac{\partial}{\partial t} u(x, t).$$

- Считаем l_L достаточно малым, чтобы преобразовать разности в частные производные:

$$\frac{u_n(t) - u_{n-1}(t)}{l_L} = \frac{\partial}{\partial x} u(x, t), \quad \frac{u_{n+1}(t) - u_n(t)}{l_L} = \frac{\partial}{\partial x} u(x, t).$$

- Вводим новую функцию расстояния между парами оснований:

$$v_n(t) - u_n(t) \equiv d(x, t).$$

Введение такой новой функции позволяет задавать удобным образом форму для конформационных возмущений с помощью начальных условий вида $d(x, 0) = f(x)$.

- Полагаем, что пары оснований всегда находятся строго друг под другом:

$$y_n(t) - x_n(t) = 0.$$

- Расстояние вдоль оси x между точкам строго фиксированное (система может совершать вертикальные колебания):

$$x_n(t) - x_{n-1}(t) = l_L, \quad x_{n+1}(t) - x_n(t) = l_L.$$

– Также может быть рассмотрено дополнительно условие, которое позволяет нам в итоге получить уравнение, которое будет иметь аналитическое решение:

$$\frac{d(x, t)}{l_T} \approx 1.$$

В результате получаем уравнение вида:

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} d(x, t) = -\gamma \frac{\partial}{\partial t} d(x, t) - 12\varepsilon\sigma^6 \frac{1 - \frac{2\sigma^6}{(l_L + l_H)^6}}{(l_T + l_H)^7} \cdot \frac{d(x, t)}{l_T}.$$

Такое уравнение имеет решение следующего вида с точностью до постоянных:

$$d(x, t) = (f_1(x) \sin(Bt) + f_2(x) \cos(Bt)) \cdot e^{-At}.$$

Для дальнейших шагов нам необходимо задать функции $f_1(x)$ и $f_2(x)$ таким образом, чтобы получилось решение в виде бегущей волны, которую можно было бы интерпретировать как открытое состояние. Для достижения этой цели необходимо попытаться решить одно из следующих функциональных уравнений:

$$g(x - ct) = f(x) \cdot \sin(ct), \quad g(x - ct) = f(x) \cdot \cos(ct).$$

Предъявление функции $f(x)$ даст возможность описания конформационного возмущения в континуализированной модели Мутто.

Заключение. Изучение моделей, описывающих динамику молекулы ДНК, имеет значение для понимания процессов регулирования и считывания информации в генах, а также при моделировании сложных биологических систем [2].

В частности, предъявленная континуализированная модель Мутто является кандидатом на роль модели динамики молекулы ДНК, следующий шаг в развитии данного направления будет получить решения в виде бегущей волны для последних двух уравнений.

«Исследования выполнены при поддержке гранта Правительства Российской Федерации (Соглашение № 075-15-2025-009 от 28.02.2025 г.)».

Список литературы:

1. Muto V., Lomdahl P.S., Christiansen P.L. Two-dimensional discrete model for DNA dynamics: Longitudinal wave propagation and denaturation // *Physical Review A*. – 1990. – N 42. – P. 7452–7458.

2. Бояков Д.Ю., Петров В.С., Никифоров А.А., Якубовская А.Г., Кодякова О.В., Остякова В.А. Ассоциации полиморфизмов генов NOD2/CARD15, CRP и FTO с распространенностью сердечно-сосудистых факторов риска, поражений органов-мишеней и кардиоваскулярных заболеваний у пациентов с язвенным колитом и болезнью Крона // *Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова*. – 2024. – Т. 32, № 1. – С. 35–46. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ280037](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ280037).

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЖЕВАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ

М.В. Акулина, Е.Р. Реш, Н.А. Куликова, В.А. Дьяченко
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В статье обсуждается изучение взаимосвязей между показателями психоэмоционального напряжения и состоянием электрической активности жевательных мышц при моделировании двух ситуаций – наличие ситуативной тревожности и ее отсутствие. При более высокой ситуативной тревожности уровень электрической активности жевательных мышц становится ниже.

Ключевые слова: психоэмоциональное состояние, электромиография, жевательные мышцы.

RELATIONSHIP OF PSYCHO-EMOTIONAL STRESS WITH INDICATORS OF THE ELECTRICAL ACTIVITY OF THE MASTICATORY MUSCLES

M.V. Akulina, E.R. Resh, N.A. Kulikova, V.A. Dyachenko
Ryazan State Medical University, Ryazan

The article discusses the study of the interrelationships between indicators of psycho-emotional tension and the state of electrical activity of the chewing muscles when modeling two situations – the presence of situational anxiety and its absence. With higher situational anxiety, the level of electrical activity of the masticatory muscles becomes lower.

Keywords: psychoemotional state, electromyography, masticatory muscles.

Изучение влияния эмоционального напряжения на состояние жевательных мышц особенно актуально для врачей-стоматологов [1]. Знания о том, как психоэмоциональные факторы оказывают действие на челюстно-лицевую область, помогают в профилактике развития спазма и напряжения мышц лица и шеи, что также может влиять на общее состояние организма [2]. Для врачей эти знания имеют важное значение в ортопедической и ортодонтической стоматологии при постановке постоянных конструкций, брекетов, элайнеров, меняющих прикус и взаимодействующих с жевательной мускулатурой, изменяя ее функциональные состояния [3].

В исследовании приняли участие студенты-юноши 2 курса РязГМУ, возраст которых составлял 18-19 лет, без аномалий зубо-челюстной системы.

Цель работы – выявление взаимосвязей между уровнем психоэмоционального напряжения и состоянием мышц челюстно-лицевой области.

Задачи исследования:

1. Сформировать выборку людей, в возрасте от 18 до 19 лет, без факторов, влияющих на состояние жевательных мышц (бруксизм, наличие ортопедических и ортодонтических конструкций и прочее).
2. При помощи психологических тестов определить уровень тревожности у студентов при наличии или отсутствии действия стрессовых факторов.

3. Определить связь между психо-эмоциональным состоянием человека и изменениями параметров жевательной мускулатуры.
4. Провести анализ полученных данных.

Методики исследования:

1. Уровень психо-эмоционального состояния исследовали:
 - ✓ анкетными способами с помощью опросников (опросник Спилберга-Ханина, Тейлор, Бэка);
 - ✓ напряжение регуляторных систем методом кардиоинтервалографии (АПК «Варикард»).
2. Физиологическое состояние жевательных мышц оценивали с помощью электромиографического исследования (АПК Biopac Student Lab).
3. Описательная статистика и корреляционный анализ проводились с использованием Statistica 12. Достоверность различий рассчитывали по критерию Уилкоксона.

Исследование проходило, включая в себя несколько этапов:

- 1 этап – оценка показателей в начале семестра в отсутствии рубежных контрольных мероприятий;
- 2 этап – оценка этих же показателей в конце семестра на неделе рубежных контрольных мероприятий;
- 3 этап – статистическая обработка полученных данных.

Результаты анкетирования по опроснику Бэка выявили повышение показателей в сторону высокого уровня тревожности с 7,1% до 14,2% ($p < 0,05$). Результаты анкетирования по опроснику Тейлор так же выявили повышение показателей в сторону высокого уровня тревожности с 14,3% до 42,9% ($p < 0,05$). Результаты по опроснику Спилбергера-Ханина показали, что ситуативная тревожность осталась примерно на таком же уровне.

При помощи кардиоинтервалографии мы провели оценку состояния регуляторных систем организма при наличии и отсутствии рубежных контролей. Уровень стресс индекса меньше 50 единиц мы отмечаем как низкий, от 50 до 150 – нормальный, более 150 – высокий. Уровень стресс индекса возрастал, однако, не достоверно.

Уровень электрической активности жевательных мышц оценивали в состоянии покоя, а также при слабом и сильном сжатии. Уровень электрической активности жевательных мышц становится незначительно выше.

При корреляционном анализе данных нами использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Была выявлена слабая отрицательная зависимость между уровнем стресс индекса и электрической активностью жевательных мышц при сильном сжатии. То есть с увеличением стресс индекса уменьшается и электрическая активность мышц [4, 5].

Выводы:

1. Установлено различие между уровнями тревожности при отсутствии и наличии рубежных контролей.
2. Уровень стресс индекса повышается в условиях проведения рубежных контролей.

3. Изменение электрической активности жевательных мышц достоверно не зависит от наличия рубежных контролей.
4. Была выявлена слабая отрицательная связь между уровнем стресс индекса и электрической активностью жевательных мышц, однако сила этой взаимосвязи варьируется от степени сокращения мышц.

Список литературы:

1. Дубинская А.Д. Современные представления о взаимосвязи психоэмоционального состояния и биоэлектрической активности лицевых мышц / А.Д. Дубинская, А.А. Кукшина, О.В. Юрова, А.В. Котельникова, Е.Н. Гулаев // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2019. – Т. 96, № 6. С. 61-67.
2. Клаучек А.Е. Нейрофизиологическое обоснование стрессового генеза парафункциональной активности жевательных мышц / А.Е. Клаучек, Ю.В. Агеева, В.И. Шемонаев, С.В. Клаучек, А.Н. Пархоменко // CyberLeninka. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyrofiziologicheskoe-obosnovanie-stressovogo-geneza-parafunktsionalnoy-aktivnosti-zhevatelnyh-myshts>.
3. Zieliński G. The Relationship between Stress and Masticatory Muscle Activity in Female Students [Электронный ресурс] / G. Zieliński // PubMed. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34441752/>.
4. Гладченко Д.А., Богданов С.М., Рощина Л.В., Челноков А.А. Функциональная активность реципрокного торможения α -мотонейронов мышц-антагонистов голени при разных типах мышечного сокращения субмаксимальной и максимальной силы // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2023. – Т. 31, № 2. – С. 185–194. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ110739](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ110739).
5. Баринаова И.А., Ерхова Л.Н., Жаднов В.А., Зорин Р.А., Кирюхина Н.Н., Косолапов А.А., Леонов Г.А., Буршинов А.О. Нейрофизиологические факторы, ассоциированные с компрессионными и рефлекторными механизмами болей в нижней части спины // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2023. – Т. 31, № 4. – С. 593–600. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ303663](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ303663).

БИОМЕХАНИКА ЖЕВАТЕЛЬНОЙ ОККЛЮЗИИ ПРИ ПЕРИКРОНИТЕ

С. Лука, М.А. Марковцева

ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, г. Москва

В работе проводится обзор научных данных о проблеме прорезывания третьих моляров и рассматривается влияние данной патологии на биомеханику жевательной окклюзии и распределении жевательной нагрузки.

Ключевые слова: биомеханика, третьи моляры, перикоронит, стоматология, медицинский университет.

BIOMECHANICS OF CHEWING OCCLUSION WITH PERICORONITIS

S. Louka, M.A. Markovtseva

Russian University of Medicine (ROSUNIMED), Moscow

The paper provides a review of scientific data on the problem of the pathology of retention of the third molars and examines the effect of this pathology on the biomechanics of chewing occlusion and the distribution of chewing load.

Keywords: biomechanics, third molars, pericoronitis, dentistry, medical university.

Прорезывание третьих моляров является многофакторным процессом и часто ведет к возникновению осложнений. Исследование биомеханики жевательной окклюзии при данной патологии играет важную роль.

В работе представлен анализ данных научной литературы связанный с патологическими состояниями прорезывания нижних третьих моляров, и в частности проведению исследования биомеханики жевательной окклюзии при перикороните [8]. Перикоронит – это воспаление мягких тканей, окружающих частично прорезавшийся зуб, чаще всего третий моляр (зуб мудрости).

Изучение в данном контексте имеет несколько аспектов:

1. Профилактика осложнений – способствует предотвращению осложнений, например: абсцесс или периодонтит [12].
2. Индивидуальный подход – разработка индивидуального плана лечения.
3. Реабилитация после удаления – после удаления зуба, страдающего перикоронитом, учитываются аспекты биомеханики окклюзии для восстановления прикусы и предотвращения смещения соседних зубов.
4. Оптимизация лечения – коррекция окклюзии является частью комплексного подхода к лечению перикоронита.
5. Изменение нагрузки на зубы – при перикороните возможно изменение распределение жевательных нагрузок на зубы, что может усугубить воспаление и вызывать дискомфорт.

Основные причины развития перикоронита включают:

1. Недостаточное пространство [9] для прорезывания зуба, приводит к частичному прорезыванию зуба, что создает карман между зубом и десной, где скапливаются остатки пищи и бактерии.
2. Инфекционные процессы могут проникнуть бактериальную флору, накопиться в перикорональном кармане и вызвать воспаление и инфекцию [11].
3. Воспаление может привести к отеку, боли и дискомфорту, что затрудняет жевание.

Важным аспектом является биомеханические изменения [6], а именно при наличии перикоронита происходят изменения жевательных нагрузок, где из-за боли и дискомфорта пациенты часто избегают жевания на стороне, где находится воспаленный зуб, приводит к увеличению нагрузки на противоположную сторону челюсти. Также изменения могут вызвать асимметрию в работе жевательных мышц и привести к перегрузке соседних зубов [3, 13]. В данном аспекте также принимают участие адаптация жевательных мышц, а именно могут адаптироваться к измененной окклюзии, что иногда приводит к гипертонусу или спазмам [2]. Это может вызвать болевые ощущения в области височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). Также пациентам могут начать использовать альтернативные движения, что также влияет на эффективность жевания и может приводить к дополнительным проблемам и осложнениям. Все перечисленные аспекты могут вызывать патологии, например: неправильное сопоставление зубов [4], функциональные нарушения, смещение соседних зубов развитие кариеса или пародонтита. Вследствие чего, выполняется ортодонтическое вмешательство, использование

ретенеров, антибиотики и противовоспалительные препараты, полоскания антисептическими растворами, протезирование, хирургическое вмешательство [1, 5, 7, 10].

Литературный обзор и анализ накопленного материала, позволит провести исследование биомеханики жевательной окклюзии при перикороните среди студентов 2-3 курса стоматологического факультета Росунимед. В ходе исследования планируется сбор общих данных с помощью анкетирования, определение прикуса, использование рентгенологического обследования (ОПТГ) и расчет механических параметров силы прикуса на уровне различных групп зубов.

Таким образом, биомеханика жевательной окклюзии при перикороните является важным аспектом стоматологической практики. Понимание этих процессов поможет стоматологам разрабатывать индивидуализированные планы лечения для обеспечения здоровья полости рта и улучшения качества жизни пациентов.

Список литературы:

1. Безруков В.М., Робустова Т.Г. Руководство по хирургической стоматологии челюстно-лицевой хирургии. – М.: Медицина, 2000. – 426 с.
2. Булычева Е.А., Чикунов С.О., Алпатьева Ю.В. Разработка системы восстановительной терапии больных с различными клиническими формами заболеваний височно-нижнечелюстного сустава, осложненных мышечной гипертонией. Ч. III. // Институт стоматологии, 2013. – № 2. – С. 44–45.
3. Гайворонский И.В., Гайворонская М.Г., Пономарев А.А., Фарафонова Ю.А. Особенности асимметрии нижней челюсти при ретенции зубов мудрости // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». – 2016. – № 4. – С. 77–82.
4. Гордина Е.С., Зинченко А.Ю., Колесов М.А. Взаимосвязь развития третьих моляров нижней челюсти и наклона резцов // Российская стоматология. – 2013. – № 3. – С. 28–31.
5. Робустова Т.Г. Хирургическая стоматология (3-е издание) // Учебник. – М.: Изд-во Медицина, 2005. – 504 с.
6. Симановская Е.Ю., Еловицова А.Н., Тверье В.М. [и др.] Биомеханическое описание особенностей функций жевательного аппарата у человека в норме и при различных патологических процессах // Российский журнал биомеханики. – 2004. – Т. 8, № 4. – С. 15–26.
7. Фомичев И.В., Флейшер Г.М. Лечение больных с нарушением прорезывания нижних третьих моляров // Проблемы стоматологии. – 2014. – № 4. – С. 40–42.
8. Чуйко А.Н., Маргвелашвили А.В. О некоторых особенностях расчета нижней челюсти на прочность при функциональной нагрузке // Российский журнал биомеханики. – 2009. – Т. 13, № 2(44). – С. 69–79.
9. Chen L., Xu T., Jiang J., Zhang X., Lin J. Longitudinal changes in mandibular arch posterior space in adolescents with normal occlusion // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. – 2010. – Vol. 137, N 2. – P. 187–193.
10. Godfrey K. Prophylactic removal of asymptomatic third molars: a review // Austral. Dent. J. – 1999. – Vol. 44, N 4. – P. 233–237.
11. Kaveri G., Prakash S. Third Molars: A Threat to Periodontal Health // Journal of Maxillofacial and Oral Surgery. – 2011. – Vol. 11, N 2. – P. 220–223.
12. Makino Y., Fujikawa K., Matsuki-Fukushima M., Inoue S., Nakamura M. Role of Innate Inflammation in the Regulation of Tissue Remodeling during Tooth Eruption // Dent J (Basel). – 2021. – Vol. 9, N 1. – P. 4–7.

13. Гуськов А.В., Абдурахманова М.А., Никифоров А.А., Олейников А.А., Кокунова А.С. Диагностическая значимость провоспалительных цитокинов при планировании дентальной имплантации у пациентов с общесоматическими патологиями // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2023. – Т. 31, № 3. – С. 501–510. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ108371](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ108371).

ПЕРВИЧНАЯ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОСПЕЦИФИЧНЫХ ПОЛИКЛОНАЛЬНЫХ АНТИТЕЛ К НУКЛЕИНОВЫМ КИСЛОТАМ

А.А. Толстых

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет), г. Москва

В работе представлена предсказательная модель для выбора уникальных участков РНК и ДНК патогенов картофеля с целью разработки высокоспецифичных поликлональных антител. Используя алгоритм «скользящего окна», программа на языке Python находит риботопы – уникальные нуклеотидные последовательности, отсутствующие в геноме хозяина. Предложенный подход позволяет повысить специфичность антител за счет точного выбора мишеней, что может быть использовано как в диагностике, так и в биомедицинских разработках, включая создание более безопасных мРНК-вакцин.

Ключевые слова: поликлональные антитела, специфичность, молекулярная диагностика, риботопы, биоинформатика, мРНК-вакцины.

A PRIMARY PREDICTIVE MODEL FOR OBTAINING HIGHLY SPECIFIC POLYCLONAL ANTIBODIES TO NUCLEIC ACIDS

A.A. Tolstykh

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
(Sechenov University), Moscow

This study presents a predictive model for selecting unique RNA and DNA regions of potato pathogens to develop highly specific polyclonal antibodies. Using a sliding window algorithm, a Python-based program identifies “ribotopes” — unique nucleotide sequences absent in the host genome. The proposed approach enhances antibody specificity through accurate target selection, which can be applied both in diagnostics and in biomedical development, including the creation of safer mRNA vaccines.

Keywords: polyclonal antibodies, specificity, molecular diagnostics, ribotopes, bioinformatics, mRNA vaccines.

Антитела к нуклеиновым кислотам (НК) – важный объект исследования в медицине, не получивший широкого распространения ввиду низкой иммуногенности НК, а также высокой кросс-реактивности антител, которая может становиться причиной аутоиммунных заболеваний при использовании современных мРНК-вакцин. Немаловажное значение имеют диагностические антитела в детекции РНК-антигенов в различных областях знания [1].

Перспективная предсказательная модель «поликлональное антитело-патоген картофеля» способна помочь в повышении специфичности

поликлональных антител к РНК и ДНК. В работе в качестве патогенов выбраны вириод веретеновидности клубней картофеля, вирусы картофеля Х и Y. Программа на языке программирования Python при помощи алгоритма «sliding window» способна находить в геноме заданного патогена уникальные, т.е. отсутствующие в геноме хозяина, последовательности выбранной пользователем длины – риботопы, на которые впоследствии можно выработать антитела [2]. Также программа позволяет определить самую уникальную из найденных последовательностей, разбивая их на всевозможные подпоследовательности длиной, к примеру, 4 (минимальная длина НК, при которой антитела способны связываться с ними [3]) и более нуклеотидов. Данные подпоследовательности программа анализирует на встречаемость в геноме хозяина (рисунок 1). Последовательности с наименьшим количеством находений ее подпоследовательностей в геноме хозяина присваивается статус самой уникальной, после чего она выводится на экран.

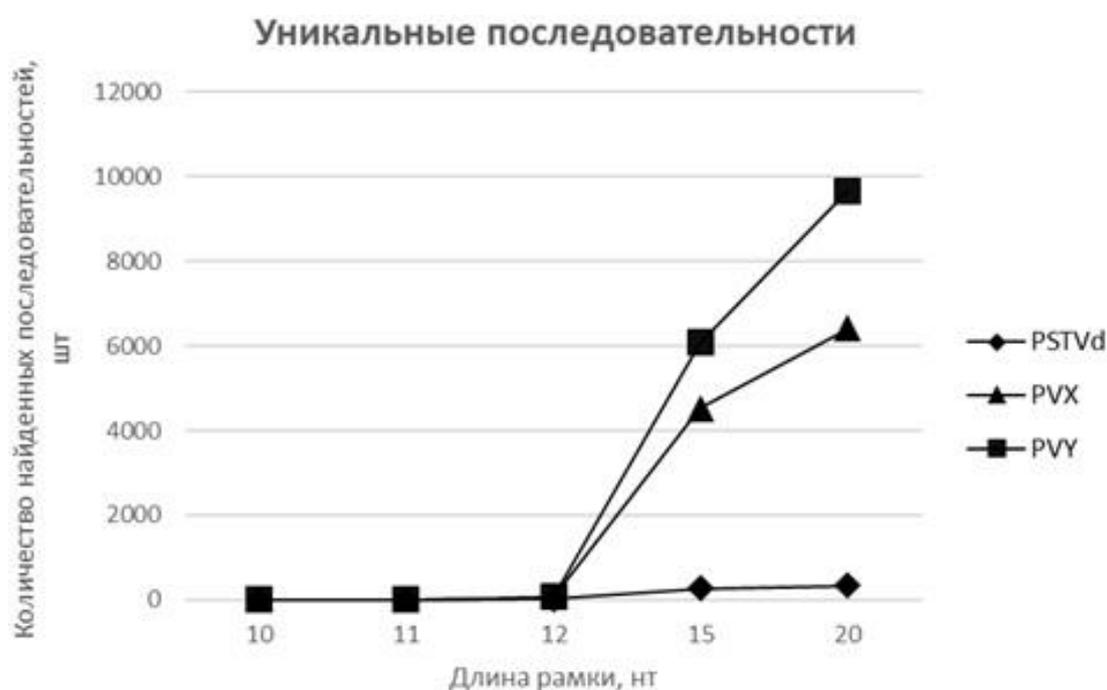


Рис. 1. Зависимость количества найденных уникальных последовательностей PVX, PVY и PSTVd от длины «окна» поиска

Расчеты показали, что минимально возможная длина последовательности, обеспечивающая уникальность риботопа, равна 11. Несколько уникальных последовательностей такой длины нашлись в геномах каждого из патогенов, причем данные участки представляются доступными для связывания с антителами, а также находятся в консервативных участках геномов патогенов (рисунок 2). На основе полученных данных планируется проведение экспериментов *in vivo* на лабораторных мышах для выработки антител и проверка их специфичности методом ИФА. Таким образом, получение высокоспецифичных антител достигается путем правильного выбора мишени, а не с помощью уже известных способов, например, химической модификации сайтов связывания.

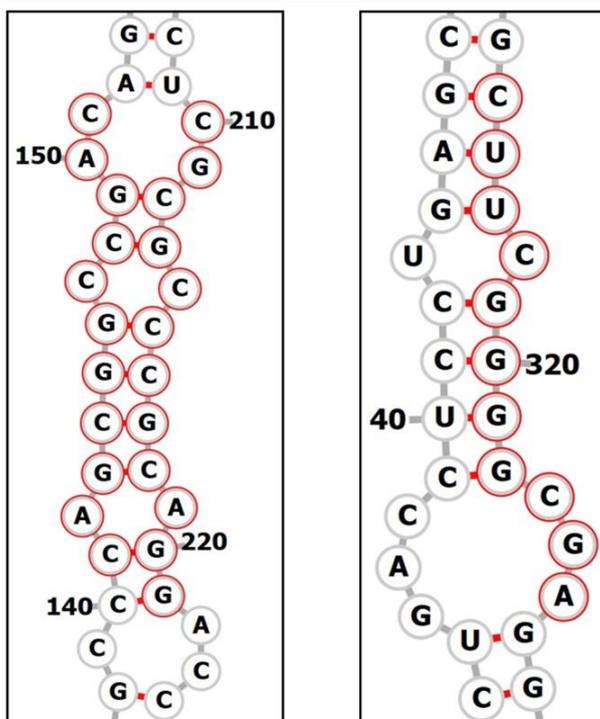


Рис. 2. Рибозомы PSTVd на позициях 141-151, 210-220, 211-221 (слева) и 315-325 (справа) в геноме. Вторичная структура вириода линейна, что потенциально облегчает связывание антител с рибозомами

Полученная модель потенциально может быть экстраполирована на вирусные патогены человека и способна впоследствии найти применение в молекулярной диагностике, а также медицине для создания более качественных аналогов современных мРНК-вакцин.

Список литературы:

1. Киселев М.А., Репина Н.Б., Никифоров А.А., Никифорова Л.В., Дмитриева М.Н., Усачев И.А., Киселев А.М. Эндометриоз-ассоциированное бесплодие: роль биомаркеров апоптоза и пролиферации в ранней неинвазивной диагностике // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 3. – С. 359–368. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ105496](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ105496).
2. Огурцов А.Н. Методы биоинформационного анализа : учебное пособие / А.Н. Огурцов. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – 58 с.
3. Anderson W.F. Antibodies to DNA / W.F. Anderson, M. Cygler, R.P. Braun, J.S. Lee // BioEssays. – 1988. – Vol. 8. – P. 69–74.

О ЛОКАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГИИ КОЛЕБАНИЯ

В. Войтик

ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, г. Уфа

Представлена аналогия между колебаниями разной природы. Согласно ей механические колебания и колебания самой разной природы: электрические, химические или биологические имеют одинаковые свойства. Поэтому изучая механические колебания можно сделать выводы, касающиеся других колебаний. В статье показано, что энергия механического колебания не локализована в пространстве, а имеет некоторое распределение.

Поэтому, существует некая чрезвычайно разреженная материя, являющаяся носителем механической энергии и следовательно (по указанной аналогии) носителем энергии других видов.

Ключевые слова: аналогия между колебаниями, плотность энергии, тонкая материя.

ON THE LOCALIZATION OF OSCILLATION ENERGY

V. Voitik

Bashkir State Medical University, Ufa

An analogy is presented between oscillations of different nature. According to it, mechanical oscillations and oscillations of very different nature: electrical, chemical or biological have the same properties. Therefore, by studying mechanical oscillations, one can draw conclusions concerning other oscillations. The article shows that the energy of mechanical oscillation is not localized in space, but has a certain distribution. Therefore, there is some extremely rarefied matter that is a carrier of mechanical energy and, consequently (according to the indicated analogy), a carrier of energy of other types.

Keywords: analogy between vibrations, energy density, subtle matter.

Введение. Колебания чрезвычайно широко представлены в природе. Можно смело сказать, что не существует такой области науки и техники, где бы не имелись колебания [1]. Осцилляторами могут быть моделированы с большой точностью самые различные системы, например, такие как молекулы или электрические контуры [1], некоторые биологические органы [2] и даже биосистемы. Эти осцилляторы могут действовать друг на друга, усиливая в один момент времени колебания одной системы или ослабляя их в другой момент.

Обобщим биомеханическую аналогию на колебания любого вида. Итак, предположим, что между механическими колебаниями и колебаниями самой разной природы: электрическими, химическими или биологическими имеется общее объединяющее и естественное свойство: энергия колебания. Именно энергия является характеристикой колебаний, определяющей их амплитуду; именно энергией обмениваются осцилляторы друг с другом или одна степень свободы некоторого осциллятора с другой его степенью свободы. Частным следствием этого утверждения является биомеханическая аналогия [3]. Если данная аналогия верна, то можно рассматривая механические колебания сделать некоторые выводы, касающиеся колебаний самой разной природы.

Возникает естественный вопрос: а в каком же месте пространства находится энергия механического осциллятора? Ответ на этот вопрос является в то же время, согласно указанной аналогии, и ответом на вопрос, где расположена энергия, например, биологического осциллятора.

Очевидный ответ заключается в следующем: что энергия механического осциллятора есть свойство колеблющейся частицы и связана она должна быть именно с частицей. На первый взгляд это обстоятельство строго ограничивает возможное размещение энергии в пространстве координатой частицы в данный момент времени. Однако этот вывод слишком поспешный. На самом деле наш мир является недетерминированным – вероятностным. При достаточно больших интервалах времени наблюдения координата одномерного

осциллятора имеет неопределенный, вероятностный характер. Вместе с ней должна быть распределена в пространстве и энергия осциллятора.

1. Энергия механического осциллятора в классическом случае.

Давайте сначала рассмотрим только классическое механическое колебание. Пусть таким колебанием для определенности будет одномерное гармоническое колебание материальной точки.

Согласно теории вероятности дифференциал вероятности dp обнаружить одномерный классический осциллятор в положении с координатой x пропорционален дифференциалу времени dt , которое проводит частица в положении между x и $x + dx$ или отношению dx и скорости частицы v , которая в свою очередь пропорциональна корню из ее кинетической энергии $E - U$:

$$dp = \rho(x)dx : dt = \frac{dx}{v} : \frac{dx}{\sqrt{E - U}}, \quad (1)$$

где $\rho(x)$ есть плотность вероятности осциллятору иметь положение x , а потенциальная энергия колебания U пропорциональна квадрату координаты x . В (1) вместо энергии удобно пользоваться амплитудой колебания a . Учитывая, что распределение вероятности нормировано на единицу получим искомое распределение (смотрите далее рисунок 1):

$$\frac{dp}{dx} = \rho(x) = \frac{1}{\pi\sqrt{a^2 - x^2}}. \quad (2)$$

Подчеркнем, что в областях $x > a$ и $x < -a$ функция распределения равна нулю, поэтому данные области называются запрещенными.

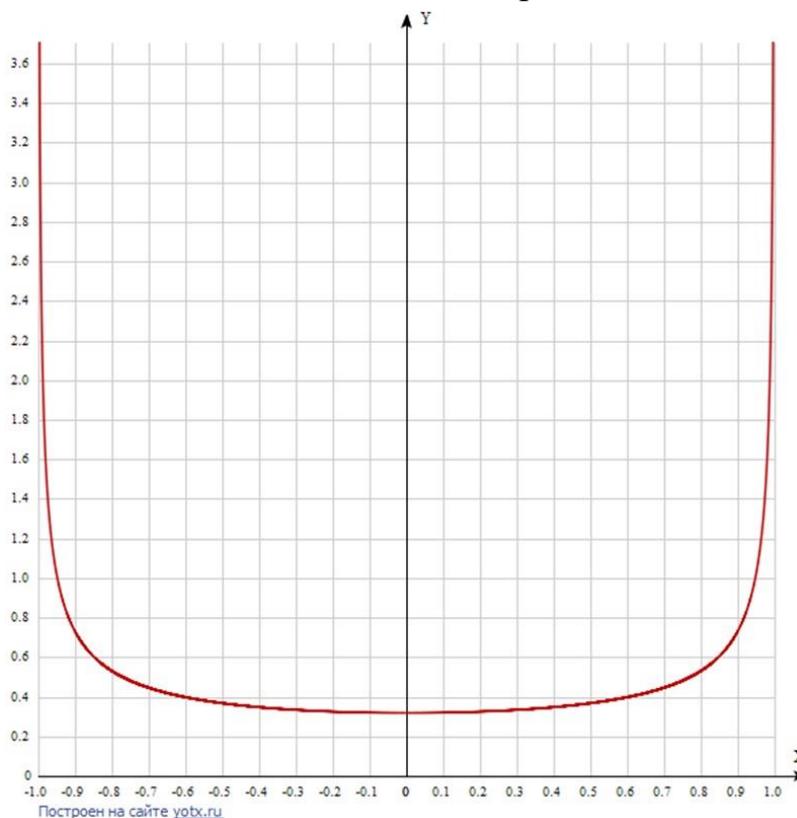


Рис. 1. Нормированная функция распределения плотности вероятности $Y = \rho(x)$ обнаружить осциллятор в положении $X = x/a$

2. Энергия механического осциллятора в квазиклассическом случае.

Факт существования квантования не сильно изменяет распределение (2).

На расстояниях порядка

$$x : \frac{\hbar}{m\omega a} \quad (3)$$

плотность вероятности испытывает микроскопические осцилляции от 0 до $2\rho(x)$, так, что усреднение квантового распределения по области (3) внутри классически разрешенной области движения приводит к тому же самому классическому распределению (2).

Гораздо интереснее рассмотреть классически запрещенные области $x > a$ и $x < -a$. В таких областях квазиклассическая волновая функция осциллятора подчиняется следующему правилу Крамерса (от запрещенной области к разрешенной) [4, формула (47.5)]

$$\frac{c}{2\sqrt{|p|}} \exp\left\{-\frac{1}{\hbar}\left|\int_a^x p dx\right|\right\} \rightarrow \frac{c}{\sqrt{p}} \cos\left\{\frac{1}{\hbar}\left|\int_a^x p dx\right| - \frac{\pi}{4}\right\}. \quad (4)$$

Плотность вероятности равна квадрату волновой функции. Квадрат косинуса при усреднении по области (3) равен 1/2. Поэтому для $\rho(x)$ правило Крамерса есть

$$\frac{c^2}{4|p|} \exp\left\{-\frac{2}{\hbar}\left|\int_a^x p dx\right|\right\} \rightarrow \frac{c^2}{2p}. \quad (5)$$

Здесь импульс $p(x)$ равен

$$p(x) = m\omega\sqrt{a^2 - x^2}, \quad (6)$$

где m – масса, а ω – частота осциллятора. Сравнивая правую часть (5) при учете (6) с (2) получим, что

$$c^2 = \frac{2m\omega}{\pi}. \quad (7)$$

Подставим (7) в (5). Тогда получим, что в классически запрещенной области, расположенной достаточно далеко от точки поворота a , квазиклассическая плотность вероятности имеет вид:

$$\rho(x) = \frac{1}{2\pi\sqrt{x^2 - a^2}} \exp\left\{-\frac{m\omega}{\hbar}\left(x\sqrt{x^2 - a^2} - a^2 \ln\left|\frac{x + \sqrt{x^2 - a^2}}{a}\right|\right)\right\}. \quad (8)$$

Данная функция чрезвычайно быстро на протяжении области (3) уменьшается до почти нуля. Подчеркнем, что тем не менее даже в запрещенной области функция $\rho(x)$ не равна нулю.

3. Распределение в пространстве энергии колебания и тонкая материя.

Какое же отношение имеет распределение (2) к энергии колебания? Очевидно, что энергия осциллятора, умноженная на плотность вероятности $\rho(x)$ осциллятору иметь координату x является плотностью энергии W на интервале dx

$$W = E\rho(x). \quad (9)$$

Действительно, учитывая (2) и (9) получим, что

$$\int_{-a}^a W dx = E. \quad (10)$$

Поэтому плотность энергии осциллятора также должна подчиняться закону (2).

Обобщая одномерное распределение на трехмерный случай, можно прийти к строгому выводу, что энергия механического колебания не является дельта-функцией, а имеет некоторое распределение в пространстве. Согласно же теории относительности любой плотности энергии W соответствует определенная плотность массы μ :

$$\mu = \frac{W}{c^2}, \quad (11)$$

где c – скорость света. Плотность (11) очень мала, поскольку знаменатель велик, но тем не менее совершенно материальна. Отбросить ее мы не имеем права. Следовательно, необходимо сделать вывод, что существует некая чрезвычайно разреженная материя, являющаяся носителем плотности энергии механического осциллятора.

Заключение. Все формулы (1)–(11) данной статьи являются строгим следствием механики. Вернемся теперь к первоначально сформулированной гипотезе об аналогии между механическими колебаниями и колебаниями другой природы.

Если эта гипотеза верна, то любому колебанию (например, биологическому) соответствует некоторая плотность массы аналогичная (11). Казалось бы, что эта энергия расположена внутри биологического осциллятора. Однако некоторая малая часть плотности энергии всё же согласно (8) и (9) отлична от нуля даже в запрещенной области, где отсутствуют колебания. Другими словами, это означает, что материю, являющуюся носителем плотности энергии биологического осциллятора, можно обнаружить даже вне биологического объекта, хотя эта область и тесно прилегает к его поверхности. Как это экспериментально сделать излагалось в [5]. К условиям обсужденного там опыта необходимо лишь добавить, что центрифуги надо располагать как можно ближе к области А, чтобы тонкая материя эффективнее истекала из классически запрещенной области.

Список литературы:

1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. Изд. 2-е. – М.: Физматгиз. – 1959.
2. Ризниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Часть 1. – Ижевск.
3. Войтик В.В. Аналогия между некоторыми задачами моделирования биологических систем и механическими колебаниями // Сб. «Компьютерное моделирование физических процессов и новые цифровые технологии в медицине и фармации». Материалы Международной научно-практической конференции с международным участием. – Уфа, 2024. – С. 21–25.

4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Курс теоретической физики: Учеб. пособ.: для вузов. В 10 т. Т. III. Квантовая механика (нерелятивистская теория). Москва. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 800 с.

5. Войтик В.В. О вероятном существовании тонкой материи, связанной с биологическими объектами // Сб. «Компьютерное моделирование физических процессов и новые цифровые технологии в медицине и фармации». Материалы Международной научно-практической конференции с международным участием. – Уфа, 2024. – С. 26–29.

ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДИАГНОСТИКИ ЛИМФЕДЕМЫ

И.Е. Матюхин, Е.Н. Малышев, Д.В. Гузайров
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

Лимфедема сопровождается комплексом гистологических и биофизических изменений, отражающих как структурные, так и функциональные нарушения тканей. В работе рассмотрены современные методы диагностики, основанные на гистоморфологических данных и физических принципах. Подчеркнута необходимость междисциплинарного подхода к оценке состояния лимфатической системы.

Ключевые слова: лимфедема, диагностика, гистология, физические методы.

POTENTIALS OF HYBRID IMAGING IN THE CLINICAL ASSESSMENT OF METABOLISM

I.E. Matyukhin, E.N. Malyshev, D.V. Guzairov
Ryazan State Medical University, Ryazan

Lymphedema is characterized by a combination of histological and biophysical alterations reflecting both structural and functional tissue disorders. This paper reviews contemporary diagnostic methods based on histomorphological findings and physical principles. The importance of an interdisciplinary approach to the evaluation of the lymphatic system is emphasized.

Keywords: lymphedema, diagnostics, histology, physical methods.

Введение. Лимфедема представляет собой хроническое прогрессирующее заболевание, обусловленное нарушением оттока лимфатической жидкости и характеризующееся стойким отеком тканей, фиброзом и нарушением микроциркуляции. Несмотря на известность клинических проявлений, подходы к ее диагностике остаются неоднородными и во многом эмпирическими. Гистологически лимфедема сопровождается расширением лимфатических сосудов, утолщением их стенок, склерозом стромы и лимфоидной инфильтрацией. Однако сами механизмы, лежащие в основе развития и прогрессии этого состояния, носят выраженный физический характер: нарушение градиентов давления, изменение электрических свойств тканей, нарушение проницаемости мембран и задержка межтканевой жидкости.

В свете этого представляется актуальным сопоставление гистологических изменений с физическими параметрами тканей и анализ современных методов визуализации, основанных на физических принципах. Исходной точкой для данной работы послужил первичный опрос студентов медицинского вуза,

показавший крайне низкий уровень осведомленности будущих врачей о биофизических основах лимфатических заболеваний.

Материалы и методы. В исследовании были проанализированы ответы 455 студентов 1–6 курсов медицинского университета, принявших участие в анкетировании на платформе Yandex Forms. Вопросы касались причин, диагностики, осложнений и лечения лимфедемы. Параллельно проведен аналитический обзор современных методов диагностики лимфедемы, в том числе лимфосцинтиграфии, МР-лимфангиографии, флуоресцентной ангиографии с использованием индоцианина зеленого (ICG) и биоимпедансной спектроскопии. Основное внимание уделено сопоставлению диагностических возможностей этих методов с гистологическими проявлениями заболевания.

Результаты. Среди респондентов основную выборку составили студенты 1-2 курсов (93,3%). Только 15,8% участников уверенно ответили, что знают причины лимфедемы; о методах диагностики осведомлены 12,3%, тогда как 75,2% не знакомы с ними вовсе. Аналогично, менее 17% респондентов представляют себе возможные осложнения заболевания. Эти данные свидетельствуют о фрагментарности представлений, в особенности о физических аспектах патогенеза и диагностики.

Гистологически лимфедема характеризуется дилатацией лимфатических капилляров, пролиферацией фибробластов, гиперплазией дермы и формированием межуточного фиброза. Однако эти морфологические изменения представляют собой вторичный этап патологического процесса, в основе которого лежат физические нарушения тока жидкости и электрических характеристик тканей [1, 2].

Лимфосцинтиграфия, основанная на регистрации распределения радиофармпрепарата (^{99m}Tc -серной коллоидной суспензии), позволяет выявить нарушение транспорта лимфы, ретроградный ток и формирование коллатералей. Метод демонстрирует высокую специфичность (до 100%) и коррелирует с выраженностью морфологических изменений, но не отражает текстурные изменения тканей [3-6].

Магнитно-резонансная лимфангиография (MRL), особенно с контрастированием, позволяет визуализировать не только просвет сосудов, но и окружающие мягкие ткани, фиброзные участки и жировую трансформацию. В режиме T2-взвешенных изображений можно оценить степень структурной дезорганизации, которая верифицируется при гистологическом исследовании [7]. Метод особенно ценен при глубоких формах лимфедемы и сочетании с постлучевыми изменениями.

Флуоресцентная ангиография с использованием индоцианина зеленого (ICG) позволяет визуализировать лимфатический отток в реальном времени, выявляя субклинические нарушения и ранние признаки патологии, до развития стойких гистологических изменений. Метод основан на оптических характеристиках тканей, включая коэффициенты поглощения и рассеяния и флуоресценцию красителя в инфракрасном диапазоне [8]. Он высокочувствителен, минимально инвазивен и применяется в том числе для навигации при микрохирургических вмешательствах.

Биоимпедансная спектроскопия (BIS) представляет собой неинвазивный метод оценки электрических свойств ткани, позволяющий выявить скрытую задержку жидкости и изменение соотношения внутриклеточного и внеклеточного объемов. Метод основан на регистрации сопротивления тканей переменному току в диапазоне частот. Изменения биоимпеданса тесно коррелируют с гистологически подтвержденной отечностью и могут использоваться для динамического мониторинга заболевания [9]. Наряду с высокотехнологичными методами применяются клинический тест Стеммера, а также ультразвуковое исследование с доплерографией, позволяющее оценить структуру тканей и сосудистую проходимость.

Обсуждение. Современные методы диагностики лимфедемы демонстрируют высокую чувствительность и специфичность за счет использования физических принципов, таких как распределение вещества (радиоизотоп), магнитная восприимчивость ядер (MR), флуоресценция и электропроводность. Каждому из этих параметров соответствует определенный морфологический субстрат, что позволяет интерпретировать лимфедему как состояние, сочетающее структурные и функциональные нарушения.

Полученные результаты опроса студентов показывают, что физическая природа патологических процессов остается вне поля их восприятия на ранних этапах обучения. Однако клинико-гистологическая интерпретация лимфедемы невозможна без учета физики биологических тканей, что подчеркивает значимость междисциплинарного подхода.

Заключение. Диагностика лимфедемы требует комплексного подхода, объединяющего гистологические представления о структурных изменениях с методами, основанными на физических принципах [10]. Лимфосцинтиграфия, МР-лимфангиография, ICG-флуоресценция и биоимпедансная спектроскопия дополняют морфологическую картину и обеспечивают объективную количественную и функциональную оценку состояния лимфатической системы. Такая интеграция морфологии и физики отражает современный вектор развития клинической диагностики и требует соответствующей научной интерпретации. Исходное незнание студентов не снижает значимости темы, а подчеркивает необходимость ее дальнейшего научного осмысления вне рамок образовательной проблематики.

Список литературы:

1. Калинин Р.Е. Эндотелиальная дисфункция у пациентов с вторичной лимфедемой и способы ее коррекции (обзор литературы) / Р.Е. Калинин, И.А. Сучков, Д.А. Максаев // Наука молодых (Egreditio Juvenium). – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 283–293.
2. Калинин Р.Е. Качество жизни пациентов с вторичной лимфедемой нижних конечностей / Р.Е. Калинин, И.А. Сучков, Д.А. Максаев // Флебология. – 2021. – Т. 15, № 1. – С. 6–12.
3. Villa G., Campisi C.C., Ryan M., Boccardo F., Di Summa P., Frascio M., Sambuceti G., Campisi C. Procedural Recommendations for Lymphoscintigraphy in the Diagnosis of Peripheral Lymphedema: the Genoa Protocol // Nucl Med Mol Imaging. – 2019. – Vol. 53, N 1. P. 47–56. – DOI: 10.1007/s13139-018-0565-2. Epub 2019 Jan 7. – PMID: 30828401; PMCID: PMC6377575.

4. Кривушин А.А. Технологии современной лучевой терапии / А.А. Кривушин, С.А. Прохина // Цифровое будущее современной медицины : Сборник докладов I Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, Рязань, 24-25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 2024. – С. 75–79. – EDN VDIIIFZ.

5. Карпова М.Г. Гибридная визуализация в ядерной медицине / М.Г. Карпова, А.А. Кривушин // Цифровое будущее современной медицины : Сборник докладов I Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, Рязань, 24-25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 2024. – С. 82–86. – EDN BNZWVJ.

6. Кривушин А.А. Современные методы лучевой диагностики в ядерной медицине / А.А. Кривушин, С.А. Прохина // Компьютерное моделирование физических процессов и новые цифровые технологии в медицине и фармации : Материалы Международной научно-практической конференции с международным участием, Уфа, 18-19 апреля 2024 года. – Уфа: Башкирский государственный медицинский университет, 2024. – С. 95–100. – EDN LGCAXX.

7. Guerrini S., Gentili F., Mazzei F.G., Gennaro P., Volterrani L., Mazzei M.A. Magnetic resonance lymphangiography: with or without contrast? // Diagn Interv Radiol. – 2020. – Vol. 26, N 6. – P. 587–595. – DOI: 10.5152/dir.2020.19482. – PMID: 33032980; PMCID: PMC7664753.

8. Liu M., Liu S., Zhao Q., Cui Y., Chen J., Wang S. Using the Indocyanine Green (ICG) Lymphography to Screen Breast Cancer Patients at High Risk for Lymphedema // Diagnostics (Basel). – 2022. – Vol. 12, N 4. – P. 983. – DOI: 10.3390/diagnostics12040983. – PMID: 35454031; PMCID: PMC9026904.

9. Coroneos C.J., Wong F.C., DeSnyder S.M., Shaitelman S.F., Schaverien M.V. Correlation of L-Dex Bioimpedance Spectroscopy with Limb Volume and Lymphatic Function in Lymphedema // Lymphat Res Biol. – 2019. – Vol. 17, N 3. – P. 301–307. – DOI: 10.1089/lrb.2018.0028. Epub 2018 Nov 2. – PMID: 30388062.

10. Яровенко Г.В., Каторкин С.Е. Лазеротерапия в комплексном лечении пациентов с лимфедемой нижних конечностей // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2023. – Т. 31, № 4. – С. 563–572. – DOI: 10.17816/PAVLOVJ217680.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНЫХ И НЕЭФФЕКТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ СОВЛАДАНИЯ СО СТРЕССОМ КАК ФАКТОРА ПСИХИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ

Ю.А. Маракшина^{1,2}, А.А. Павлова³, В.И. Исматуллина²

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет), г. Москва (1)

ФГБНУ Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных
исследований, г. Москва (2)

ФГБУ «Российская академия образования» (РАО), г. Москва (3)

Целью исследования было выявление профилей адаптации на основе уровня воспринимаемого стресса, тревоги, депрессии и психической устойчивости среди российской студенческой популяции, а также сравнение предпочитаемых стратегий совладания в рамках этих профилей. В исследовании приняли участие 670 студентов ($M = 19,89$, 79% женщины). Для оценки уровня стресса, депрессии и тревоги, психической устойчивости и стратегий совладания использовались Шкала воспринимаемого стресса, Госпитальная шкала тревоги и депрессии, Опросник психической устойчивости и Краткий опросник стратегий совладания со стрессом. Для выделения адаптационных профилей использовался кластерный анализ

методом k-средних. В результате были выявлены два адаптационных профиля: адаптивный и дезадаптивный. Адаптивный профиль характеризовался низким уровнем стресса, депрессии и тревоги, а также высокой психической устойчивостью, в то время как дезадаптивный профиль отражал противоположный набор характеристик. Студенты с адаптивным профилем чаще использовали стратегии, ориентированные на решение проблем, тогда как студенты с дезадаптивным профилем чаще прибегали к эмоционально-ориентированным стратегиям совладания.

Ключевые слова: студенты, стресс, депрессия, тревога, стратегии совладания, психическая устойчивость, машинное обучение.

ASSESSMENT OF EFFECTIVE AND INEFFECTIVE COPINGS IN STUDENTS AS A FACTOR OF THE MENTAL HEALTH

J.A. Marakshina^{1,2}, A.A. Pavlova³, V.I. Ismatullina²

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
(Sechenov University), Moscow (1)

Federal Scientific Center of Psychological and Interdisciplinary Research,
Moscow (2)

The Russian Academy of Education, Moscow (3)

The study aimed to identify adaptation profiles among Russian students based on perceived stress, anxiety, depression, and mental toughness levels, as well as to compare the preferred coping strategies within these profiles. A total of 670 students (M = 19.89, 79% female) participated in the study. The Perceived Stress Scale, Hospital Anxiety and Depression Scale, Mental Toughness Questionnaire, and Brief COPE Questionnaire were used to assess stress, anxiety, depression, mental toughness, and coping strategies, respectively. Using K-means clustering, two adaptation profiles were identified: adaptive and maladaptive. The adaptive profile is characterized by low levels of stress, anxiety, and depression, along with high mental toughness, while the maladaptive profile exhibits the opposite traits. Students with an adaptive profile tend to use problem-focused coping strategies, whereas those with a maladaptive profile rely more on emotion-focused coping strategies.

Keywords: students, stress, depression, anxiety, copings, mental toughness, machine learning.

Введение. Различные стратегии совладания помогают людям справляться со стрессом, поскольку они представляют собой поведенческие и когнитивные механизмы, направленные на снижение давления стрессовых ситуаций [3]. Стратегии совладания можно разделить на адаптивные и неадаптивные, которые, соответственно, способствуют успешной адаптации к окружающей среде или приводят к дезадаптации. Эффективность стратегий совладания определяется их способностью обеспечивать психологическую адаптацию, решение проблем и восстановление эмоционального равновесия. Хотя неадаптивные стратегии могут временно снижать уровень стресса, они способствуют развитию долгосрочного психологического дистресса [1]. Исследования показывают, что студенты, использующие неадаптивные стратегии совладания, чаще сталкиваются с депрессивными эпизодами и расстройствами адаптации, что подтверждает связь между стилями совладания и эмоционально-личностными трудностями [2]. В целом, исследования подчеркивают ключевую роль стратегий совладания в эмоциональной регуляции и психологической адаптации. Определение эффективных и

неэффективных стратегий позволяет выявлять группы риска дезадаптации и способствует разработке психологических мер поддержки, направленных на повышение благополучия [4]. Первая цель исследования заключается в выявлении профилей адаптации студентов на основе их результатов по Шкале воспринимаемого стресса, опроснику психической устойчивости и Госпитальной шкале тревоги и депрессии. Вторая цель заключается в изучении различий в стратегиях совладания, используемых студентами с разными профилями адаптации. В нашем исследовании для выявления адаптивных и неадаптивных групп используется кластерный подход на основе алгоритмов машинного обучения для выявления адаптивных и неадаптивных групп. Эта задача особенно актуальна в контексте разработки норм для психологических опросников. Острой проблемой является устаревание норм, которые ранее были установлены в рамках определенной популяции. Более того, нормы могут различаться в зависимости от популяции. Таким образом, разработка альтернативных подходов, отходящих от традиционной нормативной системы, представляется крайне важной. В качестве решения этой проблемы мы предлагаем кластерный подход, основанный на алгоритмах машинного обучения.

Методы. Выборка включала 670 студентов из различных университетов России, из них 529 (79%) – женщины, 141 (21%) – мужчины. Средний возраст составил 19,89 года (стандартное отклонение = 2,21, медиана = 19, мода = 18, диапазон от 17 до 37 лет). Участники заполняли опросники, реализованные в онлайн-формате: Шкала воспринимаемого стресса, Госпитальная шкала тревоги и депрессии, Опросник психической устойчивости, Опросник совладания со стрессом. Статистический анализ выполнялся в Python (версия 3.9.12). Для моделирования с использованием методов машинного обучения была применена библиотека Scikit-learn (scikit-learn.org). Для базового статистического анализа использовался модуль *stats*. Графики строились с помощью библиотек *matplotlib.pyplot* и *seaborn*.

Результаты и обсуждение. Сравнивались кластерные решения двух алгоритмов кластеризации – K-means и иерархической кластеризации. Оба метода показали, что наилучшим образом данным соответствует двухкластерное решение, хотя метод K-means также указывает на возможность трехкластерного разделения. Один кластер объединил студентов с высоким уровнем стресса, тревоги и депрессии, а также низкой психической устойчивостью (неадаптивный профиль), тогда как другой включил студентов с низким уровнем стресса, тревоги и депрессии и высокой психической устойчивостью (адаптивный профиль). Это подтверждает, что стресс, тревога, депрессия и низкая психическая устойчивость обычно сочетаются друг с другом, отражая совокупность психологических проблем. Оба метода продемонстрировали схожие результаты, совпав в 94% случаев, что подтверждает надежность полученного решения. Однако изначальные кластеры оказались разреженными и расположенными близко друг к другу, что подтверждается низкими силуэтными коэффициентами. Чтобы устранить этот недостаток, были протестированы две модели: базовая (включающая все

наблюдения) и контрастная (из которой исключены участники со средними показателями по стрессу, тревоге, депрессии и психической устойчивости). В обеих моделях адаптивный профиль встречался чаще, чем неадаптивный, но разница в размерах кластеров была незначительной. Это означает, что адаптивный профиль преобладает среди студентов, однако доля студентов, находящихся в группе риска, остается значимой. Так, в контрастной модели 27% (183 из 670) студентов были отнесены к неадаптивному профилю, что можно рассматривать как выраженную дезадаптацию. Ни в одной из моделей не было выявлено значимых различий по возрасту и полу между кластерами, что указывает на то, что пол и возраст не влияют на вероятность формирования неадаптивного профиля.

При анализе стратегий совладания, используемых участниками, было обнаружено, что студенты с адаптивным профилем чаще используют стратегии активного совладания, предполагающие целенаправленные действия для устранения источника стресса. Студенты с неадаптивным профилем чаще используют стратегии получения социально-эмоциональной поддержки и мысленного ухода.

Выводы. Наше исследование предлагает алгоритм для идентификации студентов с адаптивными и неадаптивными профилями на основе уровня их стресса, тревоги, депрессии и психической устойчивости, измеренных с помощью психологических опросников. С учетом того, что опросники, используемые в психологических исследованиях, часто не имеют унифицированных норм, а существующие нормы, вероятно, могут варьироваться в разных популяциях и контекстах, предлагаемый алгоритм может помочь выявить наиболее уязвимую группу в изучаемой выборке и предложить своевременные меры психологического вмешательства. Кроме того, наше исследование показало, что активные стратегии совладания связаны с положительными эмоциональными характеристиками студентов. Этот вывод может служить основой для разработки интервенций, направленных на формирование эффективных стратегий совладания.

Список литературы:

1. Рассказова Е.И., Гордеева Т.О., Осин Е.Н. Копинг-стратегии в структуре деятельности и саморегуляции: психометрические характеристики и возможности применения методики COPE // Психология. Журнал Высшей школы экономики. – 2013. – Т. 10, № 1. – С. 82–118.
2. Bekhter A.A., Gagarin A.V., Filatova O.A. Reactive and proactive coping behaviors in Russian first-year students: Diagnostics and development opportunities // RUDN Journal of Psychology and Pedagogics. – 2021. – Vol. 18, N 1. – P. 85–103. – DOI: 10.22363/2313-1683-2021-18-1-85-103.
3. Lazarus R.S., Folkman S. Stress, appraisal, and coping. New York: Springer Publishing Company, 1984. – 445 с.
4. Яковлев В.В. Эмоциональное выгорание ординаторов, обучающихся в медицинском вузе, и направления его психологической коррекции // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2023. – Т. 11, № 3(42). – С. 231–238. – URL: <http://humjournal.rzgm.ru/art&id=575>. – DOI: 10.23888/humJ2023113231-238.

ДЕТСКИЙ И ПОДРОСТКОВЫЙ АЛКОГОЛИЗМ: ПАТОФИЗИОЛОГИЯ, РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ И ПУТИ ПРОФИЛАКТИКИ

Е.Ю. Попова

ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В представленной работе проведен комплексный анализ патогенетических механизмов формирования алкогольной зависимости у детей и подростков. На основании систематизации данных современных исследований выявлены ключевые особенности нейробиологических, метаболических и генетических аспектов ранней алкоголизации. Особое внимание уделено сравнительному анализу патофизиологических процессов при детском и взрослом алкоголизме. Приведены актуальные эпидемиологические данные, демонстрирующие выраженную тенденцию к росту распространенности алкогольной зависимости среди несовершеннолетних. На основании проведенного анализа. На основании проведенного анализа сформулированы практические рекомендации, направленные на профилактику и коррекцию ранней алкогольной зависимости.

Ключевые слова: детский алкоголизм, патофизиология, нейротоксичность, эпидемиология, профилактика.

CHILDHOOD AND ADOLESCENT ALCOHOLISM: PATHOPHYSIOLOGY, PREVALENCE AND WAYS OF PREVENTION

E.Yu. Popova

Ryazan State Medical University, Ryazan

This study presents a comprehensive analysis of the pathogenetic mechanisms underlying the development of alcohol dependence in children and adolescents. By systematizing data from recent research, the key neurobiological, metabolic, and genetic aspects of early alcohol use have been identified. Special attention is given to a comparative analysis of pathophysiological processes in childhood versus adult alcoholism. Current epidemiological data are provided, demonstrating a marked upward trend in the prevalence of alcohol dependence among minors. Based on the analysis, practical recommendations have been formulated aimed at the prevention and correction of early-onset alcohol addiction.

Keywords: alcoholism in adolescence, pathophysiology, neurotoxicity, epidemiology, prevention.

Введение. Алкогольная зависимость в детском и подростковом возрасте представляет собой актуальную медико-социальную проблему современности [1]. Наблюдается устойчивая тенденция к снижению возраста инициации употребления психоактивных веществ, в частности этанол содержащих продуктов. Данное явление требует комплексного междисциплинарного подхода к изучению его патогенеза и разработке профилактических стратегий.

Материалы и методы. В рамках исследования был проведен систематический анализ научных публикаций и официальных медицинских источников. Использованы данные отечественных исследований по проблематике, а также актуальные статистические материалы. В работе применены методы сравнительного анализа и статистической обработки информации.

1. Патолофизиологические особенности.

Нейробиологические исследования выявили, что у детей алкогольная зависимость формируется в 3,2 раза быстрее, чем у взрослых [3, с. 26-28]. Наблюдается выраженное снижение плотности серого вещества в префронтальной коре – в среднем на 18% за 6 месяцев регулярного употребления алкоголя. Через 12 месяцев употребления отмечается снижение плотности D2-рецепторов дофаминовой системы на 40–45%.

Метаболические нарушения характеризуются дефицитом активности алкогольдегидрогеназы на 60–70% по сравнению со взрослыми, что приводит к накоплению ацетальдегида в концентрациях, превышающих норму в 2,1 раза [3, с. 31-39].

Генетические исследования выявили значимую ассоциацию полиморфизмов генов ADH1B и ALDH2 с риском развития раннего алкоголизма [2, с. 104].

2. Клинические проявления.

Когнитивные нарушения проявляются снижением показателей IQ в среднем на 15 пунктов за год наблюдения. Тестирование исполнительных функций показывает ухудшение результатов на 35–40% [5, с. 141-142].

3. Эпидемиологические данные.

В Российской Федерации распространенность алкогольной зависимости среди подростков составляет 12,7 случаев на 100 тысяч населения. Возраст первого употребления алкоголя снизился с 13 лет в 2019 году до 12 лет в 2023 году [4, с. 41].

Таким образом, проведенный анализ доступной научной литературы показал, что у детей срок формирования алкогольной зависимости составляет в среднем 8 месяцев. Годовое снижение показателя IQ у подростков достигает 15 пунктов. Частота рецидивов у несовершеннолетних пациентов составляет 89%.

Заключение.

1. Детский алкоголизм представляет собой особую клиническую форму зависимости с уникальными патогенетическими механизмами.
2. Выявленные особенности требуют разработки специализированных протоколов диагностики и лечения.
3. Наиболее перспективным направлением представляется внедрение программ раннего выявления групп риска.

Рекомендации.

1. Внедрение скрининговых программ для выявления генетической предрасположенности.
2. Разработка реабилитационных программ с учетом нейрокогнитивного дефицита.
3. Совершенствование законодательной базы для контроля распространения алкоголя среди несовершеннолетних.

Список литературы:

1. Уткин С.И., Бузик О.Ж. Нарушения гемодинамики при синдроме отмены алкоголя // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 3. – С. 401–412. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ623055](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ623055).

2. Боринская С.А. Влияние аллелей гена ADH1B и уровня образования на характер потребления алкоголя у российских мужчин / С.А. Боринская, А.А. Ким, А.В. Рубанович [и др.] // Acta Naturae (русскоязычная версия). – 2013. – Т. 5, № 3(48). – С. 103–110.

3. Востриков В.В. Методы диагностики алкогольной зависимости / В.В. Востриков, К.Е. Зеленцов, О.В. Майорова [и др.] // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2008. – Т. 6, № 4. – С. 26–52.

4. Ларина Е.В. Алкоголизация несовершеннолетних как социальная проблема / Е.В. Ларина // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). – 2023. – № 2(67). – С. 41–45.

5. Пешковская А.Г. Когнитивные функции и их нарушения при алкогольной зависимости: обзор актуальных концепций, гипотез и методов исследования / А.Г. Пешковская, С.А. Галкин, Н.А. Бохан // Сибирский психологический журнал. – 2023. – № 87. – С. 138–158.

БАКТЕРИОФАГИ КАК АЛЬТЕРНАТИВА АНТИБИОТИКАМ

А.А. Володина, И.А. Фоменко
ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», г. Москва

Глобальная проблема антибиотикорезистентности требует разработки альтернативных стратегий борьбы с бактериальными инфекциями. Бактериофаги представляются перспективным решением. В отличие от антибиотиков, фаговая терапия обладает высокой специфичностью, способностью эволюционировать вместе с бактериями, возможностью комбинированного применения с антибиотиками, низкой токсичностью и относительно низкой стоимостью производства. Фаговый биоконтроль также является многообещающим направлением.

Ключевые слова: бактериофаг, антибиотикорезистентность, фаговая терапия, мультирезистентные бактерии, фаговый биоконтроль.

BACTERIOPHAGES AS AN ALTERNATIVE TO ANTIBIOTICS

A.A. Volodina, I.A. Fomenko
Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH), Moscow

The global problem of antibiotic resistance requires the development of alternative strategies to overcome bacterial infections. Bacteriophages seem to be a promising solution. Unlike antibiotics, phage therapy has high specificity, the ability to evolve together with bacteria, the possibility of combined use with antibiotics, low toxicity and relatively low production costs. Phage biological control is also a promising direction.

Keywords: bacteriophage, antibiotic resistance, phage therapy, multiresistant bacteria, phage biocontrol.

Глобальный кризис антибиотикорезистентности требует поиска альтернативных методов борьбы с бактериальными инфекциями. Устойчивость к антибиотикам, приобретаемая бактериями, приводит к неэффективности традиционной терапии и росту смертности от инфекционных заболеваний [12, с. 629]. ВОЗ признает эту проблему одной из самых серьезных угроз для общественного здравоохранения [15].

Бактериофаги, вирусы, избирательно инфицирующие бактерии, представляют собой перспективное решение данной проблемы, предлагая новый подход к лечению бактериальных инфекций. Их использование

рассматривается как потенциально успешная стратегия борьбы с мультирезистентными штаммами, а также сохранения эффективности существующих антибиотиков [1, 4].

Фаговая терапия, в отличие от антибиотикотерапии, обладает следующими преимуществами [4, с. 71; 5, с. 53; 6, с. 36; 8, с. 61; 15, с. 6]:

- Высокая специфичность действия, минимизирующая негативное влияние на нормальную микрофлору. В отличие от антибиотиков широкого спектра действия, фаги поражают только определенные виды бактерий, сохраняя баланс микробиоты кишечника и других органов. Так, например, фаги, специфичные к *Staphylococcus aureus*, не влияют на популяцию *Escherichia coli* в кишечнике.
- Способность эволюционировать вместе с бактериями, преодолевая механизмы резистентности. Фаги способны адаптироваться к изменениям в бактериальных клетках, что делает их эффективным инструментом против развивающейся резистентности. Если бактерии развивают устойчивость к определенному фагу, фаг может мутировать и восстановить свою эффективность.
- Возможность комбинированного применения с антибиотиками для повышения эффективности лечения. Синергетический эффект от совместного использования фагов и антибиотиков может усилить действие обоих агентов и помочь преодолеть резистентность. Так, комбинация фагов и антибиотиков может быть эффективна против биопленок, устойчивых к традиционной терапии.
- Низкая токсичность и минимальные побочные эффекты. Фаги являются естественными компонентами окружающей среды и, как правило, хорошо переносятся пациентами. В клинических исследованиях фаговой терапии отмечались минимальные побочные эффекты, такие как легкая лихорадка или реакции в месте введения.
- Простота получения и относительно низкая стоимость производства. Фаги могут быть выделены из различных источников, таких как сточные воды или почва, что делает их производство относительно недорогим; стоимость производства фаговых препаратов может быть значительно ниже, чем разработка новых антибиотиков.

Эти преимущества позволяют рассматривать применение бактериофагов перспективным в следующих областях [10, с. 8; 11, с. 1-2; 3, с. 16; 7; 9, с. 116, 2, с. 283; 14, с. 289]:

- Лечение инфекций, вызванных мультирезистентными бактериями. Фаговая терапия может быть эффективна против инфекций, которые не поддаются лечению антибиотиками. Пример: успешное лечение инфекций, вызванных метициллин-резистентным *Staphylococcus aureus* (MRSA).
- Профилактика инфекций у пациентов с ослабленным иммунитетом и из групп риска. Так, фаги могут использоваться для предотвращения развития инфекций у пациентов с повышенным риском, например, для профилактики инфекций после хирургических вмешательств.

- Применение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности для борьбы с бактериальным загрязнением. Фаги могут быть использованы для борьбы с бактериальными патогенами в сельском хозяйстве и пищевой промышленности; так, фаги успешно используются для борьбы с *Salmonella* в птицеводстве, с *R. Solanacearum*, вызывающей увядание картофеля и томатов в растениеводстве.
- «Фаговый биоконтроль», включающий обработку продуктов, обеззараживание помещений пищевых производств, санитарную обработку рабочего пространства и оборудования, обеззараживание помещений больниц и ветеринарных клиник с использованием фаговых коктейлей.

Таким образом, бактериофаги обладают значительным потенциалом в качестве альтернативного антибиотикам средства, предлагая новые возможности для лечения и профилактики бактериальных инфекций [16].

Кроме того, интеграция фаговой терапии в комплексную стратегию борьбы с антибиотикорезистентностью, включающую рациональное использование антибиотиков и меры по предотвращению распространения инфекций, может существенно улучшить прогноз для пациентов с бактериальными инфекциями и способствовать сохранению эффективности существующих антибиотиков.

Список литературы:

1. Андрюков Б.Г., Недашковская Е.П. Вступая в пост-антибиотиковую эру: перспективные стратегии поиска новых альтернативных стратегий борьбы с инфекционными заболеваниями // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2018. – №. 3(75). – С. 36–50.
2. Басанкина В.М., Чернов А.Н. Выделение бактериофага, специфичного к *Aeromonas Caviae* // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2024. – Т. 13, №. 1. – С. 279–284.
3. Брюсов П.Г., Потапов В.А. Перспективы лечения раневой инфекции в условиях распространения бактериальной полирезистентности // Военно-медицинский журнал. – 2024. – Т. 345, №. 3. – С. 12–19.
4. Даудова А.Д., Демина Ю.З., Генатуллина Г.Н., Абдрахманова Р.О., Баева Г.Р., Ясенявская А.Л., Рубальский О.В. Антибиотикорезистентность. Вызов современности. Антибиотики и химиотер. – 2023; 68: 3–4: 66–75. – URL: <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2023-68-3-4-66-75> (дата обращения: 27.03.2025).
5. Додова Е.Г., Горбунова Е.А., Аполихина И.А. Постантибиотиковая эра: бактериофаги как лечебная стратегия // Медицинский совет. – 2015. – №. 11. – С. 49–53.
6. Красильников И.В. и др. Препараты бактериофагов: краткий обзор современного состояния и перспектив развития // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2011. – Т. 26, №. 2-2. – С. 33–37.
7. Любимова Л.В. и др. Применение поливалентного клебсиеллёсного бактериофага при инфекции после реконструктивно-пластической операции на позвоночнике у ребенка (клинический случай) // Acta Medica Eurasica. – 2024. – №. 1. – С. 66–73.
8. Перепанова Т.С. и др. Терапевтическое применение бактериофагов: назад в будущее // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. – 2021. – Т. 23, №. 1. – С. 55–64.
9. Плешакова В.И. и др. Комплексный подход к решению проблемы антибиотикорезистентности сальмонелл с помощью бактериофагов и препарата на основе наносеребра // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2024. – №. 4(205). – С. 111–118.

10. Kim M.K. et al. A blueprint for broadly effective bacteriophage-antibiotic cocktails against bacterial infections // Nature Communications. – 2024. – Vol. 15, N 1. – С. 9987. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-024-53994-9> (дата обращения: 27.03.2025).
11. Kim M.K. et al. Bacteriophage therapy for multidrug-resistant infections: current technologies and therapeutic approaches // The Journal of Clinical Investigation. – 2025. – Vol. 135, N 5. – URL: <https://www.jci.org/articles/view/187996> (дата обращения: 27.03.2025).
12. Murray C.J.L. et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis // The lancet. – 2022. – Vol. 399, N 10325. – С. 629–655. – URL: <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2821%2902724-0> (дата обращения: 27.03.2025).
13. Petrovic Fabijan A., Iredell J., Danis-Wlodarczyk K., Kebriaei R., Abedon S.T. Translating phage therapy into the clinic: Recent accomplishments but continuing challenges // PLoS Biol. – 2023. – Vol. 21(5). – P. e3002119. – URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002119> (дата обращения: 27.03.2025).
14. Vikram A., Woolston J., Sulakvelidze A. Phage biocontrol applications in food production and processing // Current issues in molecular biology. – 2021. – Vol. 40, N 1. – С. 267–302.
15. World Health Organization (21 November 2023) / Antimicrobial resistance. – URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance/> (дата обращения: 27.03.2025).
16. Луценко А.В., Ясенявская А.Л., Самотруева М.А. Молекулярные механизмы противомикробной защитной стратегии бактериальной клетки // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2025. – Т. 33, № 1. – С. 133–144. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ569343](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ569343).

ОСОБЕННОСТИ АТРОФИИ ВЕРХНЕЙ ЧЕЛЮСТИ У ПАЦИЕНТОВ С ЧАСТИЧНОЙ ВТОРИЧНОЙ АДЕНТИЕЙ В РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУППАХ

О.С. Гуйтер, А.В. Павлов, А.В. Ковалева
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В статье представлено исследование закономерностей атрофии верхней челюсти у пациентов с вторичной адентией с учетом пола и возраста. В рамках данного исследования может быть разработана классификация, отражающая состояние костной ткани с течением времени.

Ключевые слова: атрофия костной ткани, закономерности атрофии, рентгенологический анализ.

FEATURES OF MAXILLARY ATROPHY IN PATIENTS WITH PARTIAL SECONDARY ADENTIA IN DIFFERENT AGE GROUPS

O.S. Guiter, A.V. Pavlov, A.V. Kovaleva
Ryazan State Medical University, Ryazan

The article presents a study of the patterns of maxillary atrophy in patients with secondary adentia, taking into account gender and age. Within the framework of this study, a classification can be developed that reflects the state of bone tissue over time.

Keywords: bone atrophy, patterns of atrophy, radiographic analysis.

Актуальность. Общеизвестно, что срок службы съемных протезов составляет в среднем от трех до пяти лет. Однако с течением времени протез

характеризуется появлением различных дефектов, таких как, переломы базисов, смещение конструкции, погружение базиса в слизистую оболочку и т. д. Такая закономерность, предположительно, может быть связана с процессом неравномерной атрофии костной ткани под базисом протеза с течением времени [1, с. 36], что неизбежно приводит к неплотному прилеганию конструкции к протезному ложу и полю. Как следствие, пациенты вынуждены менять протезы чаще. Именно поэтому проблема продления срока службы протеза в настоящее время остро стоит перед практикующими врачами стоматологами.

В настоящее время существует большое количество широко используемых различных классификаций атрофии костной ткани челюсти: по Оксману, Шредеру, Двойникову. Но все они отражают степень атрофии на момент изготовления протеза, при этом не учитывая течение процесса в дальнейшем [2, с. 103]. Именно поэтому клиническая практика нуждается в классификации, которая могла бы показать состояние костной ткани с течением времени в зависимости от пола и возраста пациента. Зная это, врачи смогли бы разработать алгоритмы изготовления протезов с учетом особенностей дальнейшего процесса атрофии, тем самым увеличив период их эксплуатации [3]. Проанализировав это, было решено провести исследование и найти закономерности атрофии верхней челюсти с учетом пола и возраста пациента.

Материалы и методы. Был проведен анализ 400 компьютерных томографий пациентов. Из них 200 мужских и 200 женских, которые согласно классификации ВОЗ были поделены на следующие возрастные группы: 22–35, 29–48 и 36–60. Однако возрастная группа 29–48 характеризуется значительными анатомо-морфологическими изменениями в теле человека, которые могут быть связаны с изменениями гуморальной регуляции, образа жизни, питания, приобретением различных общесоматических заболеваний и другими факторами, приходящимися на данный возрастной период, который характеризуется как самый активный период жизни человека. Исходя из вышесказанного, было принято решение разделить данную группу на две: 28–38, 39–48, что позволило увидеть более плавную динамику изменения основных показателей.

Для определения основных показателей было изучено несколько видов анализов телерентгенограммы (Шварца, Даунса, Штайнера) и выбраны наиболее значимые для ортопедической стоматологии и данного исследования точки и плоскости, а именно косинус BAD, отношение IF-D/SNA-SNP, длина SNA-SNP, высота альвеолярного отростка центральных резцов, высота альвеолярного отростка бифуркации зуба 4.6, а также отношение высоты альвеолярного отростка у резцов к высоте альвеолярного отростка бифуркации зуба 4.6.

После проведения всех измерений, были подсчитаны средние значения по каждому показателю в каждой группе и сведены в таблицу и графики. Также был проведен непараметрический статистический анализ данных с помощью критерия Краскела-Уоллиса. По результатам которого были выявлены различия между группами.

Результаты.

1. Значение косинуса угла BAD у мужчин с возрастом плавно возрастает ($p = 0,0001$). У женщин, наоборот, уменьшается ($p = 0,0000$).
2. Отношение IF-D/SNA-SNP у мужчин к среднему возрасту снижается, а затем, к более старшему возрасту возрастает ($p = 0,0001$). У женщин наблюдается обратное отношение показателей: небольшой подъем значения к среднему возрасту, а затем его стремительное снижение ($p = 0,0001$).
3. Длина SNA-SNP у мужчин и женщин изменяется одинаково, сначала увеличиваясь, а затем резко снижаясь ($p = 0,0000$ и $p = 0,0000$).
4. Высота альвеолярного отростка у центральных резцов у мужчин снижается к среднему возрасту, а затем снова повышается ($p = 0,0002$). У женщин данный показатель ведет себя наоборот, сначала возрастая, а затем снижаясь ($p = 0,0000$).
5. Высота альвеолярного отростка бифуркации зуба 4.6 у мужчин возрастает на протяжении всей жизни ($p = 0,0000$), у женщин сначала наблюдается увеличение показателя, а затем его снижение ($p = 0,0000$).
6. Значение отношения высоты альвеолярного отростка у резцов к бифуркации зуба 4.6 у мужчин снижается в течение всей жизни ($p = 0,0000$), у женщин сначала снижается, а затем возрастает ($p = 0,0004$).

Выводы. Снижение практически всех показателей в старшей возрастной группе у женщин можно ассоциировать с глобальной гормональной перестройкой женского организма, а именно с периодом менопаузы и постменопаузы, в которые организм испытывает эстрагеновый дефицит, вследствие чего, помимо других изменений, объем костной ткани уменьшается, а сама ткань становится более хрупкой [4, с. 325].

У мужчин к старшему возрасту, наоборот, наблюдается повышение большинства исследуемых нами показателей. Это также вероятнее всего связано с гуморальной системой, а именно с изменением количества и соотношения таких показателей, как инсулиноподобный фактор роста-I (IGF-I), белок, связывающий инсулиноподобный фактор роста-3, тестостерон, эстрадиол и индекс свободных андрогенов, а также глобулин, связывающий половые гормоны, и паратиреоидный гормон [5, с. 1204].

Список литературы:

1. Зубкова А.А., Фелькер Е.В., Гуйтер О.С., Митин Н.Е., Олейников А.А., Тишкина Л.Н. Оценка распространенности основных стоматологических заболеваний у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями // Проблемы стоматологии. – 2019. – № 3. – С. 34–40.
2. Sbordone C., Toti P., Brevi B., Martuscelli R., Sbordone L., Di Spirito F. Computed tomography-aided descriptive analysis of maxillary and mandibular atrophies // J Stomatol Oral Maxillofac Surg. – 2019. – Vol. 120(2). – P. 99–105.
3. Кабанова А.А., Походенько-Чудакова И.О., Кабанова С.А. Синдром системного воспалительного ответа и сывороточный прокальцитонин при одонтогенной инфекции челюстно-лицевой области // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2023. – Т. 31, № 1. – С. 119–125. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ106281](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ106281).

4. Кузнецова И.В., Цилова Р.А. Менопаузальный остеопороз в практике врача-гинеколога // МС. – 2021. – № 12. – С. 320–330.

5. Fatayerji D., Eastell R. Age-related changes in bone turnover in men // J Bone Miner Res. – 1999. – Vol. 14(7). – P. 1203–1210.

ВЛИЯНИЕ ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ НА КОЛИЧЕСТВО И АКТИВНОСТЬ ПРЕГНАН X РЕЦЕПТОРА, КОНСТИТУТИВНОГО АНДРОСТАНОвого РЕЦЕПТОРА, ФАРНАЗОИД X РЕЦЕПТОРА И ПЕЧЕНОЧНОГО РЕЦЕПТОРА X IN VITRO

Е.Д. Рокунов, Ю.В. Абаленихина, А.А. Сеидкулиева, А.В. Щулькин,
А.А. Слепнев, Е.Н. Якушева
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

Прегнан X (PXR), конститутивный андростановый (CAR), фарназоид X (FXR), печеночный X (LXR) рецепторы – транскрипционные факторы, регулирующие физиологические процессы и функционирование ряда ферментов и белков-транспортеров, участвующих в биотрансформации и экскреции лекарственных препаратов и ксенобиотиков. В статье представлены данные об оценке количества и активности PXR, CAR, FXR, LXR при воздействии половых гормонов *in vitro*.

Ключевые слова: PXR, эстрадиол, CAR, половые гормоны, LXR.

EFFECT OF SEX HORMONES ON THE QUANTITY AND ACTIVITY OF PREGNAN X RECEPTOR, CONSTITUTIVE ANDROSTANE RECEPTOR, FARNAZOID X RECEPTOR AND LIVER X RECEPTOR IN VITRO

E.D. Rokunov, Y.V. Abalenikhina, A.V. Shchulkin, A.A. Slepnev,
A.A. Seidkulieva, E.N. Yakusheva
Ryazan State Medical University, Ryazan

Pregnan X (PXR), constitutive androstane (CAR), farnazoid X (FXR), hepatic X (LXR) receptors are transcription factors that regulate physiological processes and the functioning of a number of enzymes and transporter proteins involved in the biotransformation and excretion of drugs and xenobiotics. The article presents data on the evaluation of the amount and activity of PXR, CAR, FXR, LXR under the influence of sex hormones *in vitro*.

Keywords: PXR, estradiol, CAR, sex hormones, LXR.

Актуальность. Прегнан X (PXR), конститутивный андростановый (CAR), фарназоид X (FXR), печеночный X (LXR) рецепторы – транскрипционные факторы, регулирующие физиологические процессы и функционирование ряда ферментов и белков-транспортеров, участвующих в биотрансформации и экскреции лекарственных препаратов и ксенобиотиков.

Цель. Оценка количества и активности PXR, CAR, FXR, LXR при воздействии половых гормонов *in vitro*.

Материалы и методы. Эксперименты выполнены на клеточной линии HepG2, гиперэкспрессирующей PXR, CAR, FXR, LXR. Клетки инкубировали 24 ч в среде Игла, модифицированной по способу Дульбекко (DMEM) с добавлением эстрадиола, прогестерона, тестостерона в концентрациях 1, 10,

100 мкМ. К контрольным клеткам добавляли этанол (растворитель тестируемых веществ) в эквивалентном количестве в конечной концентрации 0,0001%. На каждую серию было выполнено 3 повторения. Относительное количество ядерных факторов оценивали методом вестерн-блот с использованием первичных мышинных моноклональных антител к PXR, CAR, FXR, LXR («Invitrogen», США) в концентрации 1:200. Хемилюминесценцию фиксировали с помощью ChemiDocXRS+ («Bio-Rad», США). Для оценки локализации изучаемых рецепторов под действием гормонов проводили иммуноцитохимическое исследование. Клетки визуализировали при помощи инвертированного флуоресцентного микроскопа Olympus SKX-53 («Olympus», Япония).

Результаты. Эстрадиол в концентрациях 1, 10, 100 мкМ увеличивает количество FXR на 26,2% ($p = 0,05$), 37,3% ($p = 0,03$) и 64,4% ($p = 0,0007$) соответственно; 10 и 100 мкМ – количество CAR на 30% ($p = 0,003$) и 36,4% ($p = 0,0001$), не влияет на уровень PXR, LXR α и активирует FXR, CAR, PXR в клетках линии HepG2 при воздействии в течении 24 ч. Тестостерон в концентрациях 1, 10, 100 мкМ увеличивает относительное количество FXR на 207% ($p < 0,0001$), 195,1% ($p < 0,0001$) и 60,7% ($p = 0,008$) соответственно; 10 и 100 мкМ – количество PXR на 116,3% и 88,5% ($p < 0,0001$), не влияет на содержание LXR α ; в концентрациях 10 и 100 мкМ снижает уровень CAR на 31,9% ($p = 0,0004$) и 37,1% ($p = 0,0002$) и активирует FXR, PXR, LXR α . Прогестерон в концентрациях 1 и 10 мкМ повышает уровень FXR на 162,5% и на 128,8% ($p < 0,0001$) соответственно; 10 и 100 мкМ – количество PXR на 53% и 57,6% ($p < 0,0001$); в концентрациях 1 и 10 мкМ – уровень LXR α на 75,2% и 159,6% ($p < 0,0001$), не влияет на содержание CAR и активирует CAR, PXR.

Заключение. Таким образом, половые гормоны оказывают разнонаправленное действие на регуляцию функционирования ядерных рецепторов PXR, CAR, FXR, LXR в клеточной линии HepG2.

Список литературы:

1. Borges Manna L., Williamson C. Nuclear Receptors in Pregnancy and Outcomes: Clinical Perspective // *Adv Exp Med Biol.* – 2022. – Vol. 1390. P. 3–19. – DOI: 10.1007/978-3-031-11836-4_1. – PMID: 36107310.
2. Daujat-Chavanieu M. Regulation of CAR and PXR Expression in Health and Disease / M. Daujat-Chavanieu, S. Gerbal-Chaloin. – Текст : электронный // *Cells.* – 2020. – Vol. 9, N 11. – P. 2395. – URL: <https://www.mdpi.com/2073-4409/9/11/2395> (дата обращения: 08.10.2024).
3. Gorczyca L. Transcription factor-mediated regulation of the BCRP/ABCG2 efflux transporter: a review across tissues and species / L. Gorczyca, L.M. Aleksunes. – Текст : электронный // *Expert Opinion on Drug Metabolism & Toxicology.* – 2020. – Vol. 16, N 3. – P. 239–253. – URL: [/pmc/articles/PMC7167287/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30010462/) (дата обращения: 10.03.2023).
4. Han L.W. An update on expression and function of P-gp/ABCB1 and BCRP/ABCG2 in the placenta and fetus / L.W. Han, C. Gao, Q. Mao. – Текст : электронный // *Expert opinion on drug metabolism & toxicology.* – 2018. – Vol. 14, N 8. – P. 817–829. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30010462/> (дата обращения: 08.10.2024).
5. Structural Basis of Drug Recognition by the Multidrug Transporter ABCG2 / J. Kowal, D. Ni, S.M. Jackson [и др.] // *Journal of Molecular Biology.* – 2021. – Vol. 433, N 13. – P. 166980.

6. Kukul S., Guin D., Rawat C. et al. Multidrug efflux transporter ABCG2: expression and regulation // Cell. Mol. Life Sci. – 2021. – Vol. 78. – P. 6887–6939. – URL: <https://doi.org/10.1007/s00018-021-03901-y>.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАБИОТИКОВ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Я.А. Салтыков
ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», г. Москва

В статье рассматриваются возможности применения метабิโอ́тиков в продуктах питания. Рассмотрены преимущества их использования по сравнению с пробиотиками. Описаны особенности их использования и возможная польза от применения в пищевых продуктах. Рассмотрены актуальные исследования в этой области.

Ключевые слова: метабииотики, пробиотиики, пребиотиики, продукты питания, медицинское питание.

THE USE OF METABIOTICS IN FOOD OF ANIMAL ORIGIN

Y.A. Saltykov
Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH), Moscow

The article discusses the possibilities of using metabiotics in food. The advantages of their use in comparison with probiotics are considered. The features of their use and the possible benefits of their use in food products are described. Current research in this field is considered.

Keywords: metabiotics, probiotics, prebiotics, food, medical nutrition.

На рынке пищевых продуктов всё чаще можно встретить обогащенные, комбинированные, а также продукты специального назначения, среди которых встречаются продукты лечебного питания. Подобные продукты могут содержать повышенное количество белков, витаминов, минеральных веществ, а также иных нутриентов [1].

Также существуют продукты питания, направленные на поддержание и регулирование нормальной микрофлоры кишечника посредством использования их фитоконпонентов и пребиотиков [2].

Пребиотиики – это пищевые вещества, избирательно стимулирующие рост и (или) биологическую активность представителей защитной микрофлоры кишечника человека, способствующие поддержанию ее нормального состава и биологической активности при систематическом потреблении в составе пищевой продукции.

Фитоконпоненты – биологически активные соединения, содержащиеся в растениях и используемые в традиционной медицине.

Рассматриваются возможности применения продуктов с пробиотками с целью профилактики различных заболеваний. Пробиотиики – лекарственные препараты, содержащие пробиотические штаммы микроорганизмов, способные оказывать комплексное многоуровневое воздействие на организм человека, при этом сохраняющие свою жизнеспособность при прохождении через пищеварительный тракт.

Например, каша, обогащенная пробиотическим штаммом LF19 использовалась для профилактики острых респираторных заболеваний (ОРЗ) и острых кишечных инфекций (ОКИ) [3].

Впрочем, использование пробиотических культур в пищевых продуктах имеет свои ограничения. Они чувствительны к условиям обработки, таким как: высокие температуры, пониженная или повышенная кислотность во время обработки, хранения и прохождения в кишечник. Также они могут быть противопоказаны для определенных категорий людей, имеющих тяжелые заболевания, такие как острый панкреатит, онкология, язва, раздраженный кишечник, избыточный бактериальный или грибковый рост. Или изредка выступать в качестве возбудителей эндокардитов, сепсисов, бактериемии, пневмонии, кишечных абсцессов, менингитов, урологических инфекций у лиц, принимавших антибиотики или имевших выраженные дефекты иммунитета [4].

С целью нивелирования подобных недостатков, концепция использования пробиотиков была развита и разработана концепция применения метабиотиков для поддержания баланса микробиоты в желудочно-кишечном тракте. Метабиотики – микрoэкологические средства, направленные на сохранение и восстановление состава и функций симбиотической микробиоты человека, животных и растений [5]. Метабиотики содержат продукты метаболизма или структурные компоненты пробиотических микроорганизмов. [6-8].

За счет отсутствия живых штаммов микроорганизмов, их область применения в продуктах питания становится более обширной. Особенно это актуально в продуктах питания животного происхождения, в подавляющем количестве случаев, которые подвергаются термической обработке. Также это позволяет увеличить срок годности продуктов за счет отсутствия необходимости создания условий для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов, что в свою очередь также расширяет спектр используемых консервантов и самих методов консервирования.

Таким образом потенциально возможно создание линии специализированного питания, обогащенного метабиотиками, что в свою очередь может содействовать как профилактике некоторых заболеваний, так и способствовать непосредственному лечению.

Список литературы:

1. Анализ отечественного и международного опыта использования обогащенных витаминами пищевых продуктов. – URL: https://www.voprosy-pitaniya.ru/ru/jarticles_diet/438.html?SSr=03013461cc04ffffff27c_07e50118040322-426 (дата обращения: 28.03.2025).
2. Способ производства кисломолочного продукта, обогащенного фитокомпонентами и пребиотиком. – URL: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002681291_20190305_C1_RU/ (дата обращения: 26.03.2025).
3. West C.E., Gothefors L., Granstrom M., et al. Effects of feeding probiotics during weaning on infections and antibody responses to diphtheria, tetanus and Hib vaccines // *Pediatr. Allergy Immunol.* – 2008. – 19(1). – P. 53–60.
4. Шендеров Б.А. Метабиотики: вчера, сегодня, завтра / Б.А. Шендеров, А.В. Сеница, М.М. Захарченко – Санкт-петербург, 2017. – С. 20–24.

5. Олескин А.В. Пробиотики, психобиотики и метабиотики: проблемы и перспективы / А.В. Олескин, Б.А. Шендеров // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. – 2020. – № 3. – DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab25811>.

6. Ардатская М.Д. Пробиотики, пребиотики и метабиотики в коррекции микробиологических нарушений кишечника // Медицинский совет. – 2015. – № 13.

7. Королев В.А., Медведева О.А., Ряднова В.А., Шевченко А.В., Королев И.В., Королев Е.В. Состояние микробиоценоза толстой кишки и антиоксидантных свойств колоноцитов крыс на фоне экологического дисбиоза и применения пробиотика Бифидумбактерин® и симбиотика Аципол® // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2023. – Т. 31, № 4. – С. 643–654. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ121795](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ121795).

8. Луценко А.В., Ясенявская А.Л., Самотруева М.А. Молекулярные механизмы противомикробной защитной стратегии бактериальной клетки // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2025. – Т. 33, № 1. – С. 133–144. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ569343](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ569343).

АНТИОКСИДАНТНОЕ ПИТАНИЕ В КОСМОСЕ КАК СРЕДСТВО БИОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНИЗМА

В.В. Крутова (1)

Научный руководитель: ст. преп. А.А. Кривушин (2)

ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», г. Москва (1)

ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань (2)

В статье рассматривается значение антиоксидантов в рационе космонавтов для профилактики окислительного стресса в условиях космического полета. Описаны биохимические механизмы антиоксидантной защиты, особенности подбора нутриентов и ограничения питания в невесомости. Обоснована роль антиоксидантного питания в поддержании метаболической устойчивости и функционального состояния организма.

Ключевые слова: антиоксиданты, питание космонавтов, окислительный стресс, космическая медицина, биохимическая адаптация.

ANTIOXIDANT NUTRITION IN SPACE AS A MEANS OF BIOCHEMICAL PROTECTION OF THE HUMAN BODY

V.V. Krutova (1)

Scientific supervisor: senior lecturer A.A. Krivushin (2)

Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH), Moscow (1)

Ryazan State Medical University, Ryazan (2)

This article examines the role of antioxidants in the diet of astronauts as a preventive measure against oxidative stress during spaceflight. It describes the biochemical mechanisms of antioxidant defense, the specifics of nutrient selection, and dietary constraints under microgravity conditions. The significance of antioxidant-based nutrition in maintaining metabolic stability and functional integrity of the human body in space is substantiated.

Keywords: antioxidants, astronaut nutrition, oxidative stress, space medicine, biochemical adaptation.

Пилотируемые космические полеты сопровождаются воздействием множества стрессовых факторов, включая микрогравитацию, радиацию и

ограниченность ресурсов, что приводит к усиленному образованию реактивных форм кислорода (ROS) и развитию окислительного стресса [1]. Этот феномен представляет собой дисбаланс между продукцией свободных радикалов и способностью организма их нейтрализовать, в результате чего происходят повреждения мембран, белков, нуклеиновых кислот и митохондрий [2]. Учитывая ключевую роль антиоксидантной системы в поддержании гомеостаза, формирование рациона космонавтов с обязательным включением антиоксидантов рассматривается как одна из стратегий обеспечения радиационной и метаболической защиты [3].

Антиоксиданты – это молекулы, способные ингибировать цепные окислительные реакции путем стабилизации свободных радикалов. Их классифицируют на ферментные (супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионпероксидаза), низкомолекулярные эндогенные (глутатион, убихинон) и экзогенные соединения (витамины С, Е, каротиноиды, полифенолы). Механизм действия антиоксидантов заключается в донорстве электрона нестабильному радикалу, что препятствует его дальнейшей реакционной активности. В частности, водорастворимый витамин С эффективно защищает цитозоль и межклеточную жидкость, тогда как липофильный витамин Е стабилизирует липидные структуры мембран [4].

Особое значение в условиях космического полета приобретает глутатион – главный внутриклеточный антиоксидант, обеспечивающий восстановление пероксидов и сохранение редокс-баланса [2]. Нарушение этого баланса влечет за собой каскадные повреждения, включая митохондриальную дисфункцию и активацию апоптоза. Ключевую роль в регуляции экспрессии антиоксидантных ферментов, в том числе СОД, играет ядерный фактор Nrf2, активность которого возрастает при моделируемом окислительном стрессе *in vitro* [5]. Активация этой сигнальной оси рассматривается как перспективное направление в разработке биохимических стратегий защиты в условиях экстремальных нагрузок.

Физиологическая адаптация в условиях микрогравитации сопровождается снижением мышечной массы, изменением распределения жидкости и нарушениями в энергетическом метаболизме. Это требует переоценки потребностей в макро- и микронутриентах. Антиоксиданты способны модулировать воспалительные реакции, поддерживать иммунитет и способствовать восстановлению после физической нагрузки [4]. Эксперименты NASA демонстрируют, что витамины С и Е снижают уровень маркеров воспаления и окислительного стресса на 20–30% при соблюдении дозировок [3]. В этой связи внимание исследователей также привлекают аминокислоты с антиоксидантным потенциалом, такие как L-аргинин. В экспериментальных условиях он способствует стабилизации митохондриальной функции и повышению активности СОД, демонстрируя выраженный протективный эффект на фоне метаболического стресса [6].

Формирование пищевого рациона в космосе связано с рядом ограничений: невозможностью использования свежих продуктов, необходимостью длительного хранения и точного дозирования. Синтетические

антиоксиданты, такие как токоферолы, ВНТ и ВНА, применяются за счет их стабильности и низкой дозовой активности. Однако при длительном применении возможны побочные эффекты, включая цитотоксичность, что требует строгого контроля и нормативного регулирования. С этой целью осуществляется переход к функциональным продуктам с комбинированным составом, включающим пробиотики и природные антиоксиданты, например, на основе микроводорослей (спирулина, хлорелла) [7].

Современные исследования сосредоточены на разработке радиопротекторных и нутригеномных стратегий, направленных на усиление естественной антиоксидантной защиты организма в условиях стресса. Интерес представляет использование лиофилизированных растительных препаратов и биотехнологически обогащенных источников каротиноидов и фенольных соединений, способных сохранять активность при длительном хранении. Эксперименты в рамках программы «Пробиовит» на МКС подтверждают перспективность интеграции пробиотических культур с антиоксидантной активностью в рацион экипажей [7].

Таким образом, включение антиоксидантов в питание космонавтов служит не только мерой радиационной защиты, но и системным инструментом поддержания метаболической стабильности, иммунной функции и работоспособности в условиях длительных космических экспедиций [8, 9]. Перспективным направлением остается поиск биосовместимых, стабильных и функционально эффективных антиоксидантных композиций, способных обеспечить клеточную защиту в экстремальных условиях внеземной среды.

Список литературы:

1. Кривушин А.А. О влиянии космической погоды на здоровье людей на Земле и в космосе / А.А. Кривушин // Материалы II Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием «Естественнонаучные основы медико-биологических знаний», Рязань, 29-30 апреля 2019 года. Том Часть 1. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, 2019. – С. 287–291. – EDN ZFIRGC.
2. Dakkumadugula A. et al. Space nutrition and the biochemical changes caused in Astronauts Health due to space flight: A review // Food Chemistry: X. – 2023. – Vol. 20. – P. 100875. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100875>.
3. Chaloulakou S., Poulia K.A., Karayiannis D. Physiological Alterations in Relation to Space Flight: The Role of Nutrition // Nutrients. – 2022. – Vol. 14. – P. 4896. – DOI: <https://doi.org/10.3390/nu14224896>.
4. Gómez X., Sanon S., Zambrano K. et al. Key points for the development of antioxidant cocktails to prevent cellular stress and damage caused by reactive oxygen species (ROS) during manned space missions // npj Microgravity. – 2021. – Vol. 7. – P. 35. <https://doi.org/10.1038/s41526-021-00162-8>.
5. Абаленихина Ю.В., Сеницына М.Е., Трофимов С.С. Внутриклеточная локализация и функция ядерного фактора эритроидного происхождения 2 (Nrf2) в условиях моделирования окислительного стресса in vitro // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2022. – Т. 30, № 3. – С. 295–304. – DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ105574>.
6. Звягина В.И., Фролов В.А., Головин А.В. Протективные эффекты L-аргинина на митохондрии эпидидимиса крыс при гипергомоцистеинемии, вызванной длительной

метиониновой нагрузкой // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2022. – Т. 30, № 4. – С. 457–470. – DOI: <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ109410>.

7. Пробиотики на борту Международной космической станции: от космического эксперимента к изготовлению бортовых продуктов / Е.В. Попова, И.В. Кутник, А.И. Кобатов [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 1(34). – С. 104–119. – DOI: 10.34131/MSF.20.1.104-119. – EDN JRHVDH.

8. Зубцова Ю.В. Биохимические аспекты защиты от ионизирующих излучений / Ю.В. Зубцова // Цифровое будущее современной медицины : Сборник докладов I Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, Рязань, 24-25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 2024. – С. 60–64. – EDN AIOCNK.

9. Кривушин А.А. Роль элементов космической медицины в формировании профессиональных компетенций студентов-медиков / А.А. Кривушин, В.В. Крутова // XLVIII Академические чтения по космонавтике : Сборник тезисов посвященных памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых-пионеров освоения космического пространства, Москва, 23–26 января 2024 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», 2024. – С. 325–327. – EDN DSAGCM.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МИКРОБИОТЫ КОНЬЮНКТИВЫ ГЛАЗА И КОЖИ РУК

Г.М. Майоров, С.И. Филоненко

Научный руководитель: к.м.н. В.И. Коноплева
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В статье рассмотрен вопрос о роли кожи рук как фактора, способствующего проникновению патогенных микроорганизмов в организм человека.

Ключевые слова: нормобиота конъюнктивы глаза, кожи рук, микроорганизмы.

THE INTERACTION OF THE MICROBIOTA OF THE CONJUNCTIVA OF THE EYE AND THE SKIN OF THE HANDS

G.M. Mayorov, S.I. Filonenko

Scientific supervisor: Ph.D. of Medical Sciences V.I. Konopleva
Ryazan State Medical University, Ryazan

The article discusses the role of the skin of the hands as a factor contributing to the penetration of pathogenic microorganisms into the human body.

Keywords: normobiota of the conjunctiva of the eye, skin of the hands, microorganisms.

Утром и перед сном, во время работы или чтения книги, когда глаза устают, руки так и тянутся их потереть.

Самая очевидная причина для запрета – риск инфицирования переднего отдела глаза. А именно, могут возникнуть бактериальный конъюнктивит и/или блефарит, которые проявляются покраснением глаз, покраснением век, их отеком, отделяемым из глаз, зудом и другими проявлениями.

Данные о видовом составе нормобиоты глаза у разных авторов значительно отличаются. Одни авторы утверждают, что конъюнктива взрослого человека имеет резидентную микробиоту: бактерии – *Corynebacterium* spp., *Neisseria* spp., *Moraxella* spp., *S. epidermidis*, *S. aureus*, *Propionibacterium* spp., *Peptostreptococcus* spp. и *Clostridium* spp., грибы – *Fusarium* spp., *Cephalosporium* spp., аспергиллы, пенициллы и др. [2, 6, 8].

Большинство авторов признает, что доминирующими на здоровой поверхности глаза являются – *Corynebacterium* spp., *Propionibacterium* и *Staphylococcus* spp. [5, 9].

Клинические наблюдения пациентов с конъюнктивитом, кератитом, передним увеитом показали, что в микрофлоре преобладали: *Candida* spp.; *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Peptostreptococcus*, *Klebsiella* spp. [4].

Микробиота кожи рук у детей и взрослых в основном представлена родами *Streptococcus*, *Staphylococcus* и *Corynebacterium* [3].

Но являясь комменсалами кожи рук, эти микроорганизмы могут становиться патогенными у лиц с ослабленным иммунитетом [7, 10].

В тоже время на грязных руках обнаруживаются транзитные микроорганизмы – плесневые грибы *Aspergillus* spp., споровые грамположительные палочки *Bacillus subtilis*, грамположительные кокки *Micrococcus luteus*.

В экспериментах установлено, что даже после использования антисептиков и обычного мытья рук на коже рук обнаруживали *Staphylococcus* spp. – бактерии, которые являются прочно связанными с кожей человека симбиотическими организмами [1].

Кроме того, через конъюнктиву глаза в организм могут проникать возбудители гриппа, герпесинфекции, лептоспиры, гнойно-септических заболеваний.

Заключение. Привычка тереть глаза руками может обернуться серьезными проблемами со здоровьем, включая инфекционные заболевания и ухудшение остроты зрения. Высока вероятность занесения в глаза болезнетворных микроорганизмов. Нередко инфекционные заболевания глаз приводят к значительному ухудшению зрения или даже к его полной потере.

Список литературы:

1. Богданова О.Ю., Черных Т.Ф., Таиров И.Т., Таирова А.Б. Изучение роли влияния обработки рук на количественный и качественный состав микробиоты // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2023. – № 2. С. 5–9. – URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13505> (дата обращения: 31.03.2025). – DOI: <https://doi.org/10.17513/mjpf.13505>
2. Вохмяков А.В. Выбор оптимального антибиотика для профилактики инфекционных осложнений в офтальмохирургии / А.В. Вохмяков, И.Н. Околов, П.А. Гурченко // Клиническая офтальмология. – 2007. – Т. 8, № 1. – С. 37–40.
3. Захарова И.Н., Касьянова А.Н. Микробиом кожи: что нам известно сегодня? // Медицинский совет. – 2019. – 17. – С. 168–176. – DOI: 10.21518/2079-701X-2019-17-168-176.

4. Кудрявцева Ю.В., Демакова Л.В., Подыниногина В.В., Леванова О.Г., Митина А.С. Микрофлора конъюнктивной полости у пациентов в норме и при некоторых воспалительных заболеваниях переднего отрезка глаза в Кировской области // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2021. – Т. 17, № 2. – Р. 326–330.
5. Резбаева Г.Н., Оренбуркина О.И., Гимранова И.А., Бабушкин А.Э. О микробиоме глазной поверхности. – DOI: <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2023-3-38-44>.
6. Kirkwood B.J. Normal flora of the external eye / B.J. Kirkwood // J. Amer. Sci. Ophthal. Regist. Nurs. – 2007. – Vol. 32, N 1. – P. 12–13.
7. Kong H.H., Segre J.A. Skin microbiome: looking back to move forward // J Invest Dermatol. – 2012. – Vol. 132(3 Pt 2). – P. 933–939. – DOI: 10.1038/jid.2011.417.
8. Normal ocular flora in newborns delivered in two hospital centers in Argentina and Paraguay / M. Eder, N. Fariña, R. Sanabria et al. // Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. – 2005. – Vol. 243. – P. 1098–1107.
9. Гайбарян Р.В., Федосеев Ю.Б., Варданян Э.В., Варданян Б.В. IPL-терапия в офтальмологии: обзор литературы // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2025. – Т. 33, № 1. – С. 117–122. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ501747](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ501747).
10. Рахметова К.К., Бобынцев И.И., Жилиева Л.В., Бежин А.И., Ворвуль А.О. Динамика заживления и изменение бактериальной обсемененности инфицированной раны при применении пептида ГНК и его структурных аналогов // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 4. – С. 539–548. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ471212](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ471212).

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ТОКОВ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЯХ НА ОСНОВЕ СХЕМЫ ФРИКЕ-МОРЗЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ АНАЛИЗА ФУРЬЕ

В.И. Белкин, И.В. Игнатов, В.А. Лауб, Д.В. Коврижных
ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, г. Волгоград

В статье приведено сочетание компьютерного моделирования и натурального эксперимента при изучении электрических токов, протекающих в биологических тканях во время физиотерапевтических процедур. Подобный подход позволяет интегрировать в рамках исследовательской работы студентов несколько учебных дисциплин.

Ключевые слова: физиотерапия, импеданс биологических тканей, анализ Фурье, схема Фрике-Морзе.

COMPUTER SIMULATION OF PHYSIOTHERAPEUTIC CURRENTS IN BIOLOGICAL TISSUES BASED ON THE FRICKE-MORSE SCHEME USING FOURIER ANALYSIS

V.I. Belkin, I.V. Ignatov, V.A. Laub, D.V. Kovrizhnykh
Volgograd State Medical University, Volgograd

The article presents a combination of computer simulation and a natural experiment in the study of electric currents through biological tissues during physiotherapy procedures. This approach makes it possible to integrate several academic disciplines within the framework of students' research work.

Keywords: physiotherapy, impedance of biological tissues, Fourier analysis, Fricke-Morse scheme.

Введение: одним из востребованных направлений исследовательской студенческой деятельности остается развитие межпредметной интеграции, объединяющей изучаемые в учебном процессе дисциплины. Одним из примеров реализации данного подхода можно назвать изучение токов, протекающих в биологических тканях при проведении физиотерапевтических процедур. Сочетание натурального эксперимента и компьютерного моделирования позволяет расширить интегральные возможности исследовательской работы.

Цель работы: исследовать зависимость физиотерапевтических токов на примере сигналов прямоугольной формы с применением компьютерного моделирования.

Задачи: изучить характеристики применяемых в физиотерапии сигналов прямоугольной формы, разложить прямоугольный сигнал на гармонический спектр, исследовать импеданс биологических тканей.

Материалы и методы исследования: изучение формы применяемых в физиотерапии сигналов на примере прибора BEURER EM80, а также исследование импеданса биологических тканей проводились с помощью цифрового осциллографа HANTEK DSO4072C, исследование физиотерапевтических токов в биологических тканях осуществлялось с помощью компьютерного моделирования, в котором схема Фрике-Морзе использовалась в качестве эквивалентной модели электрических свойств биологической ткани для исследования частотной зависимости ее импеданса, анализ Фурье применялся для разложения электрических сигналов на гармонические составляющие (на примере сигналов прямоугольной формы). Так как осциллограф HANTEK DSO4072C имеет функцию генератора, то он же был использован для исследования импеданса биологической ткани. Полученные данные позволяют в дальнейшем провести синтез результирующих токов из полученных составляющих.

Результаты исследования: в рамках данной исследовательской работы с применением как описанного выше компьютерного моделирования, так и анализа реальных сигналов, применяемых в физиотерапии, а также изученного импеданса биологической ткани на основе схемы Фрике-Морзе, мы смогли получить гармонические составляющие применяемых в физиотерапии электрических сигналов с помощью анализа Фурье (на примере сигналов прямоугольной формы), по методике, описанной в [1]. Как ни странно, форма и характеристики сигналов, применяемых в современной физиотерапевтической аппаратуре, не имеет существенных отличий от представленных данных в [2]. Установлено, что скважность применяемых в физиотерапии сигналов прямоугольной формы подразумевает рассмотрение амплитудных и фазовых характеристик большего количества компонентов электрического сигнала. Полученный спектр элементарных гармоник охватывает диапазон частот дисперсии импеданса биологической ткани, на котором проявляется его реактивная составляющая в применяемой модели Фрике-Морзе. Форма протекающего тока имеет заметные отличия от

приложенного напряжения, что в дальнейшем может быть проверено в рамках натурального эксперимента.

Выводы: применение компьютерного моделирования физиотерапевтических токов в биологических тканях в сочетании с измерением реальных физических величин позволяет не только детально изучить данный процесс перед проведением исследования на биологических объектах, но и проводить перерасчет параметров используемой модели после получения первичных данных в рамках натурального эксперимента. Полученная в ходе данной исследовательской работы методология может быть применена к изучению протекания в биологических тканях электрических токов различной формы, которые применяются в физиотерапии.

Список литературы:

1. Коврижных Д.В. Лабораторный практикум по медицинской электронике с использованием программы Electronics Workbench / Д.В. Коврижных. – Волгоград: Волгоградский государственный университет, 2010. – 80 с.
2. Ливенцев Н.М. Электромедицинская аппаратура [Текст] : Принцип действия, устройство, эксплуатация. – 3-е изд., доп. и перераб. – Москва: Медицина, 1964. – 335 с.

ГИБРИДНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ ПЭТ/МРТ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ОНКОРАДИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

С.А. Прохина

Научный руководитель: ст. преп. А.А. Кривушин
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В статье рассматривается ПЭТ/МРТ-визуализация, объединяющая метаболическую чувствительность ПЭТ с высоким анатомическим разрешением МРТ и открывающая новые возможности в онкорadiологии. Проанализировано текущее состояние применения технологии в России, выявлены ключевые технические барьеры и перспективы развития. Отмечены первые шаги отечественной интеграции и направления дальнейшего внедрения.

Ключевые слова: ПЭТ/МРТ, онкорadiология, гибридная визуализация, технологические барьеры.

HYBRID IMAGING BASED ON PET/MRI IN RUSSIAN ONCOLOGIC RADIOLOGY PRACTICE

S.F. Prohina

Scientific supervisor: senior lecturer A.A. Krivushin
Ryazan State Medical University, Ryazan

The article discusses PET/MRI imaging, which combines the metabolic sensitivity of PET with the high anatomical resolution of MRI, offering new opportunities in oncologic radiology. The current state of the technology's implementation in Russia is analyzed, key technical challenges are identified, and development prospects are outlined. Initial steps toward domestic integration and future implementation pathways are outlined.

Keywords: PET/MRI, oncologic radiology, hybrid imaging, technical barriers.

Гибридная позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с магнитно-резонансной визуализацией (ПЭТ/МРТ), рассматривается в настоящее время как один из наиболее перспективных инструментов в онкорadiологии, поскольку позволяет объединить метаболические характеристики злокачественных образований, регистрируемые с помощью радиоактивных меток, с детализированными МР-снимками, отражающими архитектуру и физиологические параметры тканей.

Актуальность такого подхода обусловлена необходимостью получать многоплановые данные для уточненной диагностики и персонализированного планирования лечения, особенно при агрессивных типах опухолей (например, глиобластоме), где требуется одновременно оценивать метаболическую активность, васкуляризацию и проницаемость сосудистой сети [1, 3].

Цель настоящего обзора – проанализировать имеющиеся отечественные публикации и материалы, представленные на сайтах ведущих клинических центров, чтобы выявить степень внедрения ПЭТ/МРТ в российских онкологических учреждениях, а также определить основные препятствия, замедляющие распространение этой технологии.

Для достижения этой цели изучены открытые интернет-источники, включая научные работы по вопросам коррекции затухания ПЭТ-сигнала при отсутствии данных КТ (что является серьезным вызовом в ПЭТ/МРТ), а также публикации о взаимовлиянии радиочастотных импульсов МР-томографа и ПЭТ-детекторов, требующих специальных аппаратных решений (например, внедрения кремниевых фотоумножителей) [1, 2]. Помимо этого, были рассмотрены сведения о текущих технических разработках и организациях, обладающих первыми комплексами ПЭТ/МРТ или цифровыми ПЭТ/КТ-установками, что позволило оценить общую ситуацию в стране [4-7].

Результаты анализа показали, что технологии ПЭТ/МРТ в России пока не получили массового распространения из-за высокой стоимости подобных комплексов и значительных эксплуатационных затрат, а также из-за сложности построения достоверной карты ослабления гамма-квантов, которые в условиях отсутствия КТ-данных приходится восполнять альтернативными методами сегментации или машинообучающими алгоритмами. Немаловажным барьером остается необходимость адаптировать оборудование к сильным магнитным полям, не допуская снижения чувствительности ПЭТ-детекторов и ухудшения отношения сигнал/шум на МРТ-снимках.

Тем не менее, в ряде клиник уже реализованы пилотные проекты. В частности, система ПЭТ/МРТ используется в Центре ядерной медицины «Евроонко» для оценки опухолей головного мозга и планирования лучевой терапии. Также в 2023 году введен в эксплуатацию первый отечественный аппарат ПЭТ/МРТ, что свидетельствует о начале ее интеграции в клиническую практику [4, 7].

Наблюдаемое повышение интереса к ПЭТ/МРТ связано с тем, что при планировании лучевой терапии и при исследовании биологических свойств агрессивных новообразований именно такой метод обеспечивает комплексный анализ функциональных и структурных параметров опухоли [8-11].

На основании проведенного изучения можно заключить, что, несмотря на сложность и дороговизну внедрения, гибридная ПЭТ/МРТ способствует углубленной оценке онкологических заболеваний, а имеющиеся технические проблемы решаемы при соответствующей поддержке со стороны государства и за счет сотрудничества профильных научно-медицинских организаций. В перспективе расширение отечественного опыта в этой сфере позволит максимально раскрыть потенциал интегрированной визуализации для обеспечения более точной диагностики и персонализированных протоколов лечения.

Список литературы:

1. Ladefoged C.N., Olin A.B. PET/MRI attenuation correction. In: Biomedical Image Synthesis and Simulation: Methods and Applications. The MICCAI Society Book Series. – 2022. – P. 393–422. – DOI: [10.1016/B978-0-12-824349-7.00026-8](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824349-7.00026-8).
2. Yan Q., Yan X., Yang X., et al. The use of PET/MRI in radiotherapy // Insights Imaging. – 2024. – Vol. 15. – P. 63. – DOI: [10.1186/s13244-024-01627-6](https://doi.org/10.1186/s13244-024-01627-6).
3. Grimm R., Fürst S., Souvatzoglou M., Forman C., Hutter J., Dregely I., et al. Self-gated MRI motion modeling for respiratory motion compensation in integrated PET/MRI // Med Image Anal. – 2015. – Vol. 19(1). – P. 110–120. – DOI: [10.1016/j.media.2014.08.003](https://doi.org/10.1016/j.media.2014.08.003).
4. Первый аппарат для проведения ПЭТ/МРТ появился в России [Internet]. Izvestia.ru. – 2023 May 2. – URL: <https://iz.ru/1507021/2023-05-02/v-rossii-poiavilsia-pervyi-apparat-dlia-provedeniia-petmrt> (дата обращения: 03.04.2025).
5. Первый в России цифровой ПЭТ/КТ-сканер Discovery MI Gen2 [Internet]. Medicina.ru. – URL: <https://www.medicina.ru/press-tsentr/novosti-i-sobytiya/pervyy-v-rossii-tsifrovoy-pet-kt-skaner-discovery-mi-gen2/> (дата обращения: 03.04.2025).
6. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) [Internet]. НМИЦ радиологии. – URL: <https://new.nmicr.ru/pacientam/metody-diagnostiki-i-lechenija/pet/> (дата обращения: 03.04.2025).
7. Евроонко внедрила ПЭТ-МРТ [Internet]. Euroonco.ru. – URL: <https://www.euroonco.ru/news/evroonko-vnedrila-pet-mrt> (дата обращения: 03.04.2025).
8. Кривушин А.А. Программные средства планирования лучевой терапии в работе медицинских физиков / А.А. Кривушин, С.А. Прохина // Инновационные технологии в медицине: взгляд молодого специалиста : Сборник докладов X Всероссийской научной конференции с международным участием молодых специалистов, аспирантов, ординаторов, посвященной 175-летию со дня рождения академика И.П. Павлова и 120-летию со дня получения им Нобелевской премии, Рязань, 24-25 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова, 2024. – С. 69–71. – EDN BWVTPТ.
9. Федосеев А.В., Шкляр В.С., Лебедев С.Н., Инютин А.С. Магнитно-резонансная томография в диагностике предикторов рецидива вентральных грыж // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2021. – Т. 29, № 4. – С. 505–512. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ83095](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ83095).
10. Куликов Е.П., Демко А.Н., Волков А.А., Буданов А.Н., Орлова Н.С. Диагностические возможности современной радиотермометрии в онкомамологической практике // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2021. – Т. 29, – №4. – С. 531–538. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ70596](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ70596).
11. Карпова М.Г. Гибридная визуализация в ядерной медицине / М.Г. Карпова, А.А. Кривушин // Цифровое будущее современной медицины : Сборник докладов I Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, Рязань, 24-25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 2024. – С. 82–86. – EDN BNZWVJ.

МЕТОДЫ И МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОДУКЦИИ

А.С. Бокарев, С.Л. Яблочников
ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», г. Москва

В настоящей статье рассматриваются методы, лежащие в основе информационных систем по управлению жизненным циклом продукции. В статье анализируются методологии управления жизненным циклом продукции, проводится их сравнительный анализ, подготавливаются выводы о применении советуемых методологий при построении ИС.

Ключевые слова: жизненный цикл, методы и методологии, заявки на изменение, информационные системы.

METHODS AND METHODOLOGIES OF PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT

A.S. Bokarev, S.L. Yablochnikov
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow

This article discusses the methods underlying information systems for product lifecycle management. The article analyzes the methodologies of product lifecycle management, conducts their comparative analysis, and draws conclusions on the application of advisory methodologies in the construction of IP.

Keywords: life cycle, methods and methodologies, change requests, information systems.

Жизненный цикл продукции – это совокупность взаимосвязанных процессов изменения состояния продукции при ее создании, использовании (эксплуатации) и ликвидации [1].

Понятие «Продукция» из настоящего жизненного цикла в том числе применимо для информационных систем, поскольку их жизненный цикл также включает в себя процессы создания информационной системы, тестирования, ввода в эксплуатацию, промышленного использования и последующую утилизацию [3].

Для управления жизненным циклом продукции в рамках указанных выше этапов в случаях, когда под продукцией понимается информационная система или ее компоненты, используются различные методы, подразделяющиеся на соответствующие методологии. Методы управления жизненным циклом продукции делятся на негибкие, заключающиеся в методологии Waterfall, и гибкие, включающие такие методологии, как SCRUM, Kanban и так далее.

Различные информационные системы по управлению жизненным циклом продукции при создании имеют отличия в зависимости от выбранной методологии, так как процесс создания продукции изначально накладывает ограничения на организационные аспекты управления жизненным циклом [4].

В целях анализа преимуществ и недостатков применения указанных выше методологий при использовании их в качестве основы для построения жизненного цикла управления продукцией требуется определение соответствующих критериев [2].

К таким критериям можно отнести:

- Возможность внесения изменений в требования на различных этапах жизненного цикла продукции.
- Возможность реализации продукции в максимально короткий срок при контроле этого срока.
- Возможность поэтапной реализации продукции при советующей необходимости.
- Отсутствие расползания сроков реализации продукции.

Результаты анализа по указанным критериям представлены в сравнительной таблице 1.

Таблица 1

Сравнение методологий управления жизненным циклом продукции

	Waterfall	Scrum	Kanban
Возможность внесения изменений в требования на различных этапах жизненного цикла продукции	-	+	+
Возможность реализации продукции в максимально короткий срок при контроле этого срока	+/-	+	-
Возможность поэтапной реализации продукции при советующей необходимости	-	+	+/-
Отсутствие расползания сроков реализации продукции	+	-	+/-

Анализ таблицы 1 показывает, что методология Waterfall не позволяет вносить изменения в требования, работа выполняется не поэтапно, а над всем проектом сразу, что, в свою очередь, положительно сказывается на сроках проекта, так как они определяются заранее в соответствии со сложностью проекта.

Kanban, при сохранении гибкости в реализации, не позволяет в полной мере управлять сроками и устанавливать «дедлайны» по задачам, так как упор в данной методологии делается на управление процессом создания продукции и на оценку прогресса.

В свою очередь, Scrum несет в себе неизбежные риски, связанные с расползанием общих сроков реализации продукции и, следовательно, стоимостью такой реализации.

Таким образом, проведенный анализ методологий управления жизненным циклом продукции показал, что каждая из них обладает своими преимуществами и ограничениями при применении к информационным системам. Ни одна из методологий (Waterfall, SCRUM, Kanban) не является универсальной и не способна в полной мере удовлетворить всем критериям, в связи с чем рациональным является дополнение собственными практиками и нововведениями уже существующий наиболее подходящей под конкретные задачи методологии.

Список литературы:

1. Бочаров Н.А. Исследование моделей проектного управления / Н.А. Бочаров // Вестник университета. – 2014. – № 7. – С. 189–193.
2. Магомед-Рамзан Б.Х. Теоретические аспекты жизненного цикла продукта и его компоненты / Б.Х. Магомед-Рамзан, П.М. Харзан // Образование. Наука. Научные кадры. – 2022. – № 1. – С. 160–162.
3. Ростовцев С.А. Содержание этапов жизненного цикла продукции и ее стоимостные характеристики / С.А. Ростовцев // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. – 2017. – № 2-1. – С. 127–132.
4. Есауленко И.Э., Петрова Т.Н., Толбин А.А., Саурина О.С. Оптимизация системы раннего выявления онкологических заболеваний в медицинских организациях амбулаторно-поликлинического звена // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2023. – Т. 31, № 4. – С. 635–642. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ609568](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ609568).

СРАВНЕНИЕ ТАКТИК РЕКОНСТРУКЦИИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПОСЛЕ МАСТЭКТОМИИ ПО ПОВОДУ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Г.Н. Микаилова, А.В. Громыко
Научный руководитель: ст. преп. Я.А. Острожинский
УО «Белорусский государственный медицинский университет»,
Республика Беларусь, г. Минск

В статье представлены результаты сравнения тактик реконструкции молочной железы при мастэктомии по поводу рака молочной железы. Преимущества и недостатки подходов к лечению, которые могут помочь при выборе реконструкции молочных желез конкретным методом.

Ключевые слова: рак, молочная железа, мастэктомия, злокачественное новообразование.

BREAST RECONSTRUCTION TACTICS AFTER MASTECTOMY FOR BREAST CANCER COMPARISON

G.N. Mikailova, A.V. Gromyko
Scientific supervisor: senior lecturer Ya.A. Ostrozhinsky
Belarusian State Medical University, Republic of Belarus, Minsk

The article presents the results of a comparison of breast reconstruction tactics during mastectomy for breast cancer. Advantages and disadvantages of treatment approaches helped in breast reconstruction choosing by a specific method.

Keywords: cancer, breast, mastectomy, malignant neoplasm.

Актуальность. Рак молочной железы (РМЖ) – злокачественное новообразование молочной железы, развивающаяся из эпителиальных клеток железистых структур, которое является одним из наиболее распространенных видов онкологии среди женщин разного возраста. РМЖ находится на первом месте по частоте распространения среди всех злокачественных новообразований у женщин и на втором месте среди онкопатологий в целом. Каждый год количество вновь выявленных случаев составляет около 1,4 млн, а

смертельных исходов вследствие – 458000 (МАИР, Globocan, 2008 г.). До 90% всех случаев РМЖ выявлены у женщин после 40 лет. Частота заболевания находится в диапазоне возрастов от 40 до 60 лет. В 2020 году в Республике Беларусь было выявлено 4745 случаев РМЖ, что составило 11,3% от общего количества злокачественных новообразований. Согласно постановлению МЗ Республики Беларусь от 6 июля 2018 г. № 60 «Об утверждении клинического протокола «Алгоритмы диагностики и лечения злокачественных новообразований». Рак молочной железы – гетерогенное заболевание с различными вариантами клинического течения опухолевого процесса. Лечение РМЖ на современном этапе предполагает использование хирургического, лучевого компонентов, а также проведение системной цитостатической, эндокринной, биотерапии. Большее значение придается вопросам улучшения качества жизни, которое достигается выполнением органосохраняющих операций на молочной железе, а также реконструктивно-восстановительных операций с использованием местных тканей, имплантатов.

Цель. Произвести сравнение тактик хирургической реконструкции молочной железы после мастэктомии по поводу рака молочной железы.

Материалы и методы. Ретроспективное сравнительное клиническое исследование подходов к реконструкции молочной железы после мастэктомии. TRAM лоскут (transverse rectus abdominis myocutaneous flap) – поперечный кожно-мышечный лоскут передней брюшной стенки на основе прямой мышцы живота. В него входят: кожа, жировая клетчатка, апоневроз и фрагмент прямой мышцы живота. Реконструкция молочной железы с помощью TRAM лоскута – это основной метод реконструкции при среднем и большом размере молочной железы в УЗ «Минский городской клинический онкологический диспансер». Операция проводилась по общепринятой методике. Перед операцией производится разметка пациентки в положении стоя. Намечаются границы лоскута, а также ориентиры для создания симметрии со здоровой молочной железой. Во время операции, согласно данной разметке, выделяется лоскут. После этого через подкожный тоннель он перемещается в область дефекта, так же применяется метод свободного лоскута (на усмотрение хирурга). Питающие сосуды этого лоскута сшиваются с сосудами на передней грудной стенке под микроскопом.

ТДЛ (торакодорзальный лоскут) – кожно-мышечный лоскут на основе широчайшей мышцы спины на торакодорзальных сосудах. В данный лоскут входят: широчайшая мышца спины, подкожная жировая клетчатка и кожа. Перед операцией производится разметка кожной и мышечной части лоскута в положении стоя. После выполнения мастэктомии пациентку поворачивают на бок и выделяют лоскут. Затем через подкожный тоннель лоскут перемещают в зону дефекта и подшивают к субмаммарной складке, грудной стенке и большой грудной мышце. Если требуется реконструкция большой молочной железы, под мышцу можно дополнительно установить имплант или экспандер-эндопротез Беккера. Перед операцией производится разметка основных ориентиров на коже пациентки (субмаммарная складка, верхний свод, проекция, границы лоскута и т. д.) в положении стоя. После выполнения основной операции в

область мышечного кармана устанавливается тонкий силиконовый дренаж с активной аспирацией на 4-5 суток.

Реконструкция с помощью экспандеров и имплантов выполняется в 2 этапа по общепринятой методике. Первым этапом сразу после выполнения мастэктомии под большую грудную и переднюю зубчатую мышцы устанавливается экспандер, который начинают подкачивать жидкостью после заживления раны. В результате этой подкачки кожа растягивается и формируется мышечный карман. Второй этап реконструкции включает установку имплант требуемого размера в сформировавшийся мышечный карман. После выполнения основного этапа операции в область мышечного кармана устанавливается тонкий силиконовый дренаж с активной аспирацией на 4-5 суток. Проведен анализ медицинских карт пациентов с диагнозом рак молочной железы ($n = 655$) находившихся в УЗ «МГКОЦ», за период с декабря 2020 г. по декабрь 2024 г. Критериям включения в исследование соответствовали 614 пациентов (93,7%): злокачественные новообразования верхне- и нижне- наружного и внутреннего квадрата, центральной локализации, поражение с множественными очагами локализации, внутрипротоковый cancer in situ. Критериями исключения стали: воспалительные процессы в железе, доброкачественная опухоль, фиброаденоз, рак молочной железы неуточненного генеза.

Результаты и их обсуждение. На основании проведенного исследования было получено две выборки пациентов: 360 (58,63%) пациенткам была проведена аутомамопластика и 254 (41,37%) реконструкция железы эндопротезированием. Все пациентки выписаны с улучшением. При этом статистически значимых различий между количеством койко-дней не обнаружено: $13,2 \pm 0,4$ (ДИ 95% 12,8–13,6) при аутомамопластике и $12,3 \pm 0,5$ (ДИ 95% 11,8–12,8) при эндопротезировании. Аналогичное отсутствие статистически значимых различий в возрасте: $38,0 \pm 1,2$ года (ДИ 95% 37,8–39,2 лет) при аутомамопластике и $37,5 \pm 0,9$ года (ДИ 95% 36,62–38,38 лет).

Выводы. На основании проведенного исследования был сделан вывод, что статистически значимых различий в тактиках реконструкции молочной железы при мастэктомии по таким критериям как: выживаемость, возраст, койко-дни – не выявлено. Выбор способа реконструкции может выбираться на усмотрение хирурга с учетом его обученности конкретным методом, возможности и оснащения учреждения здравоохранения с учетом желаний самой пациентки.

Список литературы:

1. Каприн А.Д., Рожкова Н.И. Рак молочной железы. – 2018. – С. 456.
2. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://netoncology.ru/old/patient/diagnostics/adult/breast/1853/1638/1642/&ved=2ahUKEwjwK6E1LGJAxVNnf0NHcj5LYUQFnoECDgQAQ&usg=AOvVaw0DgAnSvySg-1pG2cmXwnRU>.
3. Nagone S., Bharat P.U., Gupta A., Nitin G. Экспрессия белка Forkhead box P3 (FOXP3) инфильтрирующих опухоль лимфоцитов при инвазивном раке молочной железы: связь с гистопатологическими параметрами и общей выживаемостью // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2023. – Т. 31, № 2. – С. 265–272. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ108478](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ108478).

4. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://netoncology.ru/old/patient/diagnostics/adult/breast/1853/1638/1639/&ved=2ahUKEwjFt7jJ1bGJAxVI8LsIHVAfODc4KBAWegQIDhAB&usg=AOvVaw3UQX2UO4HhwgD23gxatE1Z>.

5. Попова Н.М., Шулькин А.В., Транова Ю.С., Поветко М.И., Полупанов А.С., Правкин С.К., Слепнев А.А., Якушева Е.Н. Белок резистентности рака молочной железы: структура, локализация, функции, значение для рациональной фармакотерапии // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 2. – С. 305–314. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ384999](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ384999).

6. Артищев Р.Р., Шавырин Д.А., Мартыненко Д.В. Сложное первичное тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава по поводу несращения шейки правой бедренной кости у пациентки с правосторонним гемипарезом: клиническое наблюдение // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2025. – Т. 33, № 1. – С. 95–104. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ636438](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ636438).

7. <https://netoncology.ru/old/patient/diagnostics/adult/breast/1853/1638/1643/1645/>.

ВОЗМОЖНОСТИ ГИБРИДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В КЛИНИЧЕСКОМ ИЗУЧЕНИИ МЕТАБОЛИЗМА

Ю.В. Зубцова

Научный руководитель: ст. преп. А.А. Кривушин
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В статье анализируются современные подходы к использованию гибридной визуализации в медицинской практике для изучения метаболизма. В ней рассматриваются принципы оценки метаболической активности тканей с использованием ПЭТ/КТ и показана роль метода в диагностике и мониторинге различных патологий. Особое внимание уделено практическому значению визуализации обмена основных нутритивных субстратов.

Ключевые слова: метаболизм, ПЭТ/КТ, гибридная визуализация, нутритивные субстраты, клиническая диагностика.

POTENTIALS OF HYBRID IMAGING IN THE CLINICAL ASSESSMENT OF METABOLISM

Y.V. Zubtsova

Scientific supervisor: senior lecturer A.A. Krivushin
Ryazan State Medical University, Ryazan

The article analyzes current approaches to the use of hybrid imaging in medical practice for the investigation of metabolic processes. It discusses the principles of evaluating tissue metabolic activity using PET/CT and highlights the role of this method in the diagnosis and monitoring of various pathologies. Particular attention is given to the clinical relevance of visualizing the metabolism of key nutritional substrates.

Keywords: metabolism, PET/CT, hybrid imaging, nutritional substrates, clinical diagnostics.

Метаболизм представляет собой совокупность катаболических и анаболических реакций, лежащих в основе жизнедеятельности организма. В ходе катаболизма макромолекулы (углеводы, жиры, белки) расщепляются с высвобождением энергии, которая затем используется на процессы анаболизма, включая синтез новых соединений и регенерацию тканей. Системное представление о метаболизме и его регуляции дает возможность глубокого

понимания причин развития патологических состояний, в том числе ожирения, сахарного диабета, атеросклероза и онкологических заболеваний.

Особое значение для медицины имеют исследования метаболизма ключевых нутритивных субстратов: глюкозы, жирных кислот и аминокислот. Нарушения в обмене глюкозы лежат в основе сахарного диабета, сопровождающегося снижением чувствительности тканей к инсулину и повышенным риском сосудистых осложнений. Избыточное накопление триглицеридов и свободных жирных кислот при ожирении ассоциировано с системным воспалением и повышенной вероятностью сердечно-сосудистых событий. Онкологические процессы, в свою очередь, нередко сопровождаются активацией анаболических реакций в злокачественных клетках. Понимание энергетических и субстратных потребностей опухоли дает возможность как своевременной диагностики, так и целенаправленной терапии.

Методы лучевой диагностики, в частности гибридная визуализация, стали одним из наиболее эффективных инструментов для оценки метаболизма *in vivo* [1]. Позитронно-эмиссионная томография в сочетании с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ) позволяет одновременно получать функциональные данные об активности тканей и высокоточное анатомическое изображение [2]. Применение радиофармпрепаратов, специфично меченых по отношению к различным метаболитам, дает возможность визуализировать усвоение субстратов в онкологии, кардиологии, эндокринологии и неврологии.

Так, ^{18}F -фтордезоксиглюкоза (^{18}F -ФДГ) позволяет оценивать глюкозный метаболизм, что особенно актуально для раннего выявления опухолей, обладающих повышенным захватом глюкозы. Использование ^{11}C -метионина дает возможность с высокой чувствительностью определять метаболизм аминокислот при глиомах головного мозга, где злокачественные клетки требуют интенсивного синтеза белка [3]. В свою очередь, оценка метаболизма жирных кислот с помощью меченого [^{11}C] пальмитата помогает выявлять функциональные изменения в сердечной мышце и печени [4]. Подобные исследования ценных энергетических субстратов позволяют не только уточнить характер имеющихся патологических нарушений, но и прогнозировать их динамику.

Практика показывает, что ПЭТ/КТ обладает высокой информативностью при поиске первичного очага злокачественного процесса, когда пациент обращается с метастазами неустановленной этиологии, например при поражении шейных лимфатических узлов [5]. Кроме того, расширенное применение высокоточных технологий компьютерной томографии дает возможность более тонко исследовать анатомические вариации внутренних органов, включая поджелудочную железу, что в конечном итоге влияет на тактику оперативного лечения [6]. Важно отметить, что роль современной визуализации выходит далеко за рамки статичной диагностики: гибридные методики позволяют контролировать эффективность проводимой терапии и своевременно корректировать лечебный протокол с учетом индивидуальной динамики пациента.

В контексте метаболических заболеваний, в частности при сахарном диабете 2 типа, клинические исследования демонстрируют эффективность фармакологического воздействия на энергетические пути. Одним из перспективных направлений является применение альфа-липоевой кислоты, оказывающей комплексное влияние на метаболические процессы и способствующей улучшению течения диабетической нейропатии [7]. Интерпретация результатов подобных вмешательств становится более точной благодаря методам ПЭТ/КТ, позволяющим объективно оценивать динамику метаболических параметров и определять оптимальные терапевтические стратегии [8, 9].

Таким образом, всестороннее изучение метаболических процессов с применением современных радионуклидных методов визуализации открывает широкие возможности для ранней диагностики, детальной характеристики и мониторинга прогрессирования многих заболеваний. Интеграция фундаментальных знаний о катаболизме и анаболизме с высокотехнологичными методами ПЭТ/КТ дает возможность сформировать персонализированный подход к пациентам, повышая эффективность профилактических, диагностических и лечебных мероприятий.

Список литературы:

1. Карпова М.Г. Гибридная визуализация в ядерной медицине / М.Г. Карпова, А.А. Кривушин // Цифровое будущее современной медицины : Сборник докладов I Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, Рязань, 24-25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 2024. – С. 82–86. – EDN BNZWVJ.
2. Кривушин А.А. Современные методы лучевой диагностики в ядерной медицине / А.А. Кривушин, С.А. Прохина // Компьютерное моделирование физических процессов и новые цифровые технологии в медицине и фармации : Материалы Международной научно-практической конференции с международным участием, Уфа, 18-19 апреля 2024 года. – Уфа: Башкирский государственный медицинский университет, 2024. – С. 95–100. – EDN LGCAXX.
3. Vikhrova N.B., Kalaeva D.B., Tyurina A.N., Belyaev A.Y., Danilov G.V., Pronin I.N. Pozitronnaya emissionnaya tomografiya v sochetanii s komp'yuternoj tomografiei i 11S-metioninom v otsenke metabolizma gliom golovnogo mozga [PET/CT with 11C-methionine in assessment of brain glioma metabolism] // Zh Vopr Neirokhir Im N N Burdenko. – 2024. – Vol. 88(1). – P. 63–69. – DOI: [10.17116/neiro20248801163](https://doi.org/10.17116/neiro20248801163). – PMID: 38334732.
4. Christensen N.L., Jakobsen S., Schacht A.C., Munk O.L., Alstrup A.K.O., Tolbod L.P., Harms H.J., Nielsen S., Gormsen L.C. Whole-Body Biodistribution, Dosimetry, and Metabolite Correction of [11C] Palmitate: A PET Tracer for Imaging of Fatty Acid Metabolism // Mol Imaging. – 2017. – Vol. 16:1536012117734485. – DOI: [10.1177/1536012117734485](https://doi.org/10.1177/1536012117734485). – PMID: 29073808; PMCID: PMC5665104.
5. Куликов Е.П., Захаркина Т.В., Сашина Е.Л., Мануковская О.В., Редькин А.Н., Чевардов Н.И., Черницын К.И. Поиск первичного очага при метастатическом поражении лимфоузлов шеи // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2016. – Т. 24, № 4. – С. 119–125. – DOI: [10.23888/PAVLOVJ20164119-125](https://doi.org/10.23888/PAVLOVJ20164119-125).
6. Секисова Е.В., Павлов А.В., Пронин Н.А., Жеребятьева С.Р., Введенский А.И., Дронова Е.А., Полудкин И.А. Варианты взаиморасположения частей поджелудочной железы человека, по данным компьютерной томографии // Российский медико-биологический

вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 3. – С. 467–474. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ321391](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ321391).

7. Урясьев О.М., Баранов В.В., Демина П.Л. Плейотропные эффекты альфа-липовой кислоты в терапии диабетической нейропатии у больных сахарным диабетом 2 типа // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2023. – Т. 31, № 1. – С. 69–78. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ106658](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ106658).

8. Кривушин А.А. Программные средства планирования лучевой терапии в работе медицинских физиков / А.А. Кривушин, С.А. Прохина // Инновационные технологии в медицине: взгляд молодого специалиста : Сборник докладов X Всероссийской научной конференции с международным участием молодых специалистов, аспирантов, ординаторов, посвященной 175-летию со дня рождения академика И.П. Павлова и 120-летию со дня получения им Нобелевской премии, Рязань, 24–25 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова, 2024. – С. 69–71. – EDN BWVTPT.

9. Кривушин А.А. Технологии современной лучевой терапии / А.А. Кривушин, С.А. Прохина // Цифровое будущее современной медицины : Сборник докладов I Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, Рязань, 24-25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова, 2024. – С. 75–79. – EDN VDIIFZ.

ОЦЕНКА СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПНЕВМОНИИ НА РЕНТГЕНОГРАММЕ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

К.В. Шестакова, А.В. Житкова
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В статье представлены три системы искусственного интеллекта, способного диагностировать пневмонию на рентгенограммах грудной клетки, а также их сравнительная характеристика. Некоторые из систем могут быть использованы во врачебной практике.

Ключевые слова: диагностика пневмонии, системы искусственного интеллекта, рентгенограмма, базы данных.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE EVALUATION FOR PNEUMONIA DIAGNOSIS ON A CHEST X-RAY

K.V. Shestakova, A.V. Zhitkova
Ryazan State Medical University, Ryazan

The article presents three artificial intelligence systems capable of diagnosing pneumonia on chest X-rays, as well as their comparative characteristics. Some of the systems can be used in medical practice.

Keywords: diagnosis of pneumonia, artificial intelligence systems, X-ray, databases.

Цель. Выделить наиболее совершенную систему искусственного интеллекта (ИИ) на основе некоторых сравнительных характеристик.

Сервис «ФтизисБиоМед». Это система поддержки принятия врачебных решений (СППВР), которая позволяет автоматически оценивать вероятность наличия патологий на цифровых рентгенограммах или флюорограммах органов

грудной клетки (ОГК), осуществлять поиск, локализацию и классификацию патологических признаков. Показатель точности составил 88%.

Некоторые этапы работы «ФтизисБиоМед»:

1. Предварительная обработка изображения. Она включает поиск области интереса на снимке.
2. Передача изображения на обработку ИИ.
3. Заключение о наличии патологии. Если ИИ сделал заключение о наличии патологии, строятся контуры выявленных на снимке отклонений. В противном случае сервис выдает заключение о том, что патологии на снимке не выявлены.
4. Классификация патологических признаков.

Блок взаимодействия с пациентом. Например, это создание бесперебойных систем удаленной работы, совершаемых параллельно с изменением физического расположения пациента.

Система TD-CNNLSTM-LungNet. Данная система использует комбинацию нейронных сетей для анализа мельчайших изменений на изображениях и долгосрочного анализа данных. ИИ продемонстрировал высокий показатель точности – на уровне 96,51%.

Сначала нейронная сеть анализирует изображения, выявляя едва заметные изменения, которые могут быть пропущены глазами человека. Затем модель долговременной и краткосрочной памяти (LSTM) обрабатывает данные, оценивая их в контексте друг с другом. Исследователи планируют улучшить модель, чтобы она могла точно анализировать не только рентгеновские снимки, но и данные КТ, а также УЗИ.

Исследователи внедрили в модель объяснимые методы ИИ, позволяющие обосновывать решения. Эта функция генерирует наглядные пособия, такие как тепловые карты, которые помогают рентгенологам понимать выводы ИИ и доверять им.

Система третьего мнения «Third Opinion AI». Это инновационная система искусственного интеллекта, предназначенная для предоставления дополнительных мнений и рекомендаций в различных областях, таких как медицина, финансы и образование.

Процесс обработки данных включает несколько этапов. Сначала данные очищаются от ошибок и пропусков, затем они приводятся к единому формату. После этого данные проходят этап предварительной обработки. Например, данные о пациентах могут быть объединены с результатами анализов. На основе анализа Third Opinion AI генерирует рекомендации и мнения, после чего предоставляет их пользователю для верификации. Система может получать информацию о пациентах в реальном времени и сразу же анализировать их для предоставления рекомендаций.

С помощью алгоритмов компьютерного зрения система детектирует нежелательные события в режиме реального времени и уведомляет о них медперсонал. Точность постановки диагноза и выявления рекомендаций – 76%.

Сравнительная характеристика трех систем ИИ приведена в таблице.

Таблица 1

Сравнительная характеристика систем ИИ

Критерии/система	ФтизисБиоМед	TD-CNNLSTM-LungNet	Third Opinion AI
Работа с пациентом (может напрямую узнать результаты и рекомендации самостоятельно)	+	-	+
Виртуальная работа со специалистом в режиме реального времени	+	-	+
Обоснование диагноза (тепловые карты и т. д.)	-	+	-
Постоянное пополнение собственного датасета для машинного обучения	+	+	-
Показатель точности, %	88	97	76

Выводы. Система «ФтизисБиоМед» является лучшей среди других, так как она рассчитана и на постановку диагноза у специализированных врачей, и на своевременную работу с самим пациентом. Кроме того, эта система постоянно пополняет количество рентгенограмм и соответствующих им диагнозов, что способствует более точной постановке заболевания и выдаче рекомендаций. Также эта система показала довольно высокий процент точности.

Список литературы:

1. Филд Э.Л., Тэм В., Мур Н., МаКэнти М. Эффективность искусственного интеллекта в классификации детской пневмонии по рентгенограммам грудной клетки: систематический обзор [Электронный ресурс] / Э.Л. Филд, В. Тэм, Н. Мур, М. МаКэнти. – 2023. – URL: <https://www.mdpi.com/2227-9067/10/3/576>.
2. Гогоберидзе Ю.Т., Классен В.И., Натензон М.Я., Просвиркин И.А., Владимирский А.В., Шарова Д.Е., Зинченко В.В. Искусственный медицинский интеллект «ФтизисБиоМед»: программа автоматизированного анализа цифровых рентгенограмм органов грудной клетки/флюорограмм [Электронный ресурс] / Ю.Т. Гогоберидзе, В.И.Классен, М.Я. Натензон, И.А. Просвиркин, А.В. Владимирский, Д.Е. Шарова, В.В. Зинченко. – 2023. – URL: <https://stm-journal.ru/ru/numbers/2023/4/1836/pdf>.
3. 4pda. Электронный форум: сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://4pda.to/2025/01/25/437844/novyj-ii-diagnostiruet-zabolevaniya-lyogkikh-s-tochnostyu-do-97/>.
4. Парфенюк В.К., Бондарь Н.В., Никифоров В.С., Бондарь С.С., Терехов И.В. Особенности цитокиновой продукции у пациентов с бактериальной пневмонией, протекающей на фоне острой респираторной вирусной инфекции // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2025. – Т. 33, № 1. – С. 49–60. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ529656](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ529656).
5. Уэбе Р.М., Шэн Ц., Датта С., Чай С., Дравид А., Барутчу С., Ву Ю., Кантрелл Д.Р., Сяо Н., Аллен Б.Д., Макнили Г.А., Савас Х., Агравал Р., Парекх Н., Кацаггелос А.К. DeepCOVID-XR: алгоритм искусственного интеллекта для выявления COVID-19 на рентгеновских снимках грудной клетки, обученный и протестированный на большом наборе клинических данных из США [Электронный ресурс] / Р.М. Уэбе, Ц. Шэн, С. Датта, С. Чай,

А. Дравид, С. Бурутчу, Ю. Ву, Д.Р. Кантрелл, Н. Сяо, Б.Д. Аллен, Г.А. Макнили, Х. Савас, Р. Агравал, Н. Парекх, А.К. Кацагелос. – 2020. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33231531/>.

б. Галимова С.Ш., Абдрахманова Н.И., Мочалов К.С., Галимов Ш.Н., Куфтерина А.Д., Хисамов Э.Н., Галимова Э.Ф. Функциональный резерв кислородзависимого метаболизма фагоцитов в крови пациентов с тяжелым течением геморрагической лихорадки с почечным синдромом, осложненной острой почечной недостаточностью // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2025. – Т. 33, № 1. – С. 61–70. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ487160](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ487160).

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ЗАМЕЩЕНИЯ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ WINDOWS В МЕДИЦИНСКИХ ВУЗАХ РОССИИ

О.И. Гордеева, Д.В. Судаков, Л.В. Кретинина, В.О. Судаков
ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, г. Воронеж

Статья посвящена изучению опыта работы студентов различных вузов на альтернативных операционных системах. Изучалось общее отношение к операционным системам, их распространенность в вузе и у студентов дома, обобщались все минусы и плюсы использования различных операционных систем, в том числе и Windows.

Ключевые слова: операционная система, студент, анкетирование, медицинский вуз.

ON SOME ASPECTS OF REPLACEMENT OF THE WINDOWS OPERATING SYSTEM IN MEDICAL UNIVERSITIES OF RUSSIA

O.I. Gordeeva, D.V. Sudakov, L.V. Kretinina, V.O. Sudakov
Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh

The article is devoted to studying the experience of students from various universities working on alternative operating systems. The general attitude towards operating systems, their prevalence at the university and at students' homes were studied, all the pros and cons of using various operating systems, including Windows, were summarized.

Keywords: operating system, student, survey, medical university.

Актуальность. Многие годы в России и в остальном мире, среди всех существующих операционных систем (ОС), главенствующее положение, занимала операционная система «Windows» [1, с. 11]. Признанная, практически во всем мире, данная ОС на самом деле обладает рядом существенных положительных качеств, позволяя осуществлять работу в ней для обычного пользователя, зачастую, на интуитивном уровне [4, с. 122].

С началом СВО, во многих отраслях науки и техники произошел своеобразный «перелом». В виду наличия большого количества санкций, введенных против нашей страны, в том числе и в «компьютерной» сфере, включающей в себя, информационные среды, компьютерное оборудование, специализированные компьютерные программы и т. д., «наметился» определенный «уход» от ОС Windows в сторону существующих альтернатив. Отчасти это было обусловлено не только санкциями, но и вопросами компьютерной безопасности государственных учреждений, ведь, несмотря на то, что в настоящее время ОС Windows еще работают, нет гарантий, что их не «заблокируют» и «не отключат» в любой момент [2, с. 147]. В связи с этим

правительством был разработан и издан ряд законопроектов и указаний, итогом которых стал максимально быстрый, по возможности, перевод всех ПК бюджетных организаций на альтернативные ОС (АОС), особенно на фоне существования угроз полной блокировки даже уже купленных программ – лицензионных программ (Windows и т. д.) [3, с. 81].

Целью исследования стало изучение различных аспектов внедрения АОС и «отказа от Windows» по мнению студентов Воронежских вузов.

Объектами исследования стали 467 студентов. Среди которых было 244 студента 5-6 курсов лечебного факультета ВГМУ им. Н.Н. Бурденко и 223 студента 4-5 курсов ВГТУ. В основу исследования легла специально разработанная авторами анкета, включающая в себя ряд вопросов об ОС Windows и ее альтернативных вариантах; о плюсах и минусах той или иной системы, о наличии определенной ОС у них дома и т. д., которые оценивались по наиболее часто встречающимся ответам – студентам предлагалось самим выделить до 3 пунктов к Windows или АОС. Анкетирование проводилось через «Яндекс-форму» и было анонимным. «Критерием включения» для медиков – был курс обучения – 5-6, так как в виду особенностей программы обучения – полноценный опыт работы с АОС, они могли ранее не получить. Для представителей технического вуза критериями стали – так же «выпускные» курсы (4-5) и обучение, по какой-либо специальности, имеющей непосредственное отношение с компьютерной техникой или программами.

Результаты исследования. 100% студентов ВГМУ (n = 244) и 100% студентов ВГТУ (n = 223) знакомы с той или иной версией ОС Windows. Так же 100% студентов ВГМУ и ВГТУ сообщили о том, что основной ОС на их персональных компьютерах дома является та или иная версия Windows. Отмечалось следующее распределение среди студентов ВГМУ: Windows XP – 2,45% (n = 6), Windows 7 – 31,96% (n = 78), Windows 10 – 45,90% (n = 112), Windows 11 – 19,67% (n = 48); среди студентов ВГТУ: Windows XP – 0% (n = 0), Windows 7 – 43,94% (n = 98), Windows 10 – 47,53% (n = 106), Windows 11 – 8,52% (n = 19).

О наличии лицензии сообщило лишь 6,96% (n = 17) студентов ВГМУ и 4,93% (n = 11) студентов ВГТУ. При этом у медиков большей «популярностью» пользовалась Windows 10 (n = 10), Windows 11 (n = 5) и Windows 7 (n = 2), в то время как у «техников» – Windows 7 (n = 7) и Windows 10 (n = 4).

Изучение осведомленности об АОС показало, что студенты-медики имеют о них крайне скудные знания. Так 93,44% медиков (n = 228) сообщило о работе в системе Astra Linux в ВГМУ; а 6,55% (n = 16) призналось, что не помнит название ОС, в которой они работали во время учебы. Помимо вышеуказанной ОС, лишь малая часть медиков сообщило об осведомленности другими ОС: 4,91% (n = 12) – Ubuntu, 0,81% (n = 2) – Fedora и также 0,81% (n = 2) – Chrome OS. При этом лишь у малой части медиков, дома на их персональном ПК, была установлена АОС: Astra Linux – 4,50% (n = 11) и Ubuntu 2,45% (n = 6). Студенты-техники показали следующую осведомленность: Astra Linux – 100% (n = 223), Ubuntu – 100% (n = 223), Fedora – 78,47% (n = 175), Free BSD – 55,60% (n = 124), Solaris – 43,94% (n = 98),

CentOS – 30,04% (n = 67), Chrome OS – 19,73% (n = 44). В качестве второй ОС техники посчитали наиболее предпочтительными: Ubuntu – 48,43% (n = 108), CentOS – 16,14% (n = 36), Solaris – 14,34% (n = 32), Astra Linux – 11,65% (n = 26), Free BSD – 6,72% (n = 15), Fedora – 2,69% (n = 6).

Наиболее часто упоминаемыми плюсами Windows по мнению медиков стали: простота использования (n = 187), интуитивность использования (n = 166), наличие гайдов в сети интернет по решению текущих проблем (n = 112). При этом техники назвали следующие пункты: простота использования (n = 198), совместимость со многими программами (n = 172), легкая переустановка системы (n = 121). Минусами для медиков стали: частые проблемы с активацией (n = 181), сложность с установкой устаревших устройств (n = 178), высокая цена лицензии (n = 133); а для техников: отсутствие специализированных «инструментов» для разработки (n = 191), низкие возможности настройки ОС (n = 173), высокая цена лицензии (n = 111). Плюсами АОС медики посчитали высокую безопасность (n = 156), независимость от других стран (n = 149), наличие аналогов известных программ (n = 122); а минусами: непривычный интерфейс (n = 179), наличие глюков и ошибок (n = 145), сложная настройка системы (n = 88). При этом техники основными плюсами АОС назвали: наличие специализированных «инструментов» для разработки (n = 199), широкие возможности настройки ОС (n = 156), более высокая безопасность системы (n = 132); минусами же стали: несовершенство некоторых ОС (n = 165), проблема совместимости программ (n = 162), необходимость использования определенной ОС под определенные цели (n = 103).

Выводы. Медики имеют крайне мало информации об АОС, предпочитая Windows, в отличие от техников, которым в виду их сферы деятельности в ряде случаев требуются альтернативные «инструменты». При этом многие признаются в использовании нелегальных версий ОС. Проанализированные же плюсы и минусы тех или иных ОС находят прямое отражение в специальности анкетированных, где для медиков на первое место выходит простота и безопасность, а для техников – возможность углубленного управления и настройки. В любом случае, введение АОС в нашей стране можно назвать большим шагом вперед – шагом к независимости от ОС Windows. Полученные данные представляют определенный интерес для всех педагогов, работающих со студентами на ПК.

Список литературы:

1. Application to monitoring a usb control with ruby in windows and linux ubuntu / R.A. Esparza-castillo [et al.] // Journal of Statistical Theory and Applications. – 2022. – С. 10–15.
2. Импортзамещение операционных систем на примере Windows и дистрибутивов Linux / В.С. Сергеева [и др.] // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2022. – Т. 1, № 11(131). – С. 146–150.
3. О проблемах цифровой трансформации образования в медицинском вузе / Д.В. Судаков [и др.] // В сборнике: Педагогика, психология, общество: от теории к практике. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Чебоксары, 2022. – С. 79–83.

4. Перспективы внедрения цифровых технологий в учебный процесс медицинского вуза / О.В. Судаков [и др.] // В сборнике: Педагогика, психология, общество: от теории к практике: материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. БУ ЧР ДПО «Чувашский республиканский институт образования» Министерства образования и молодежной политики Чувашской Республики. – Чебоксары, 2022. – С. 121–124.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В МЕДИЦИНЕ

Е.А. Кириллова
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

Стремительное развитие искусственного интеллекта может произвести революцию в здравоохранении. В статье представлена информация о том, какие возможности дает внедрение искусственного интеллекта в медицину и жизнь человека в целом, приведены данные, показывающие положительное влияние ИИ в сфере диагностики, лечения различных заболеваний, показаны примеры успешных проектов по его интеграции в медицину.

Ключевые слова: искусственный интеллект, медицина, здравоохранение, здоровье, лечение, диагностика.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICINE

E.A. Kirillova
Ryazan State Medical University, Ryazan

The rapid development of artificial intelligence can revolutionize healthcare. The article provides information about the opportunities provided by the introduction of artificial intelligence into medicine and human life in general, provides data showing the positive impact of AI in the field of diagnosis and treatment of various diseases, and shows examples of successful projects for its integration into medicine.

Keywords: artificial intelligence, medicine, healthcare, health, treatment, diagnostics.

Актуальность. В последнее время наблюдается тенденция внедрения программ искусственного интеллекта во многие сферы жизни человека, особенно в сферу здравоохранения. Для улучшения качества жизни пациентов, а также для корректировки и оптимизации работы врачей, было создано множество приложений с искусственным интеллектом, направленных на сбор и анализ данных о состоянии здоровья людей, стандартизацию медицинской документации, проверку качества работников здравоохранения, соответствие назначенного лечения клиническим рекомендациям. Также имеется множество приложений, которые, основываясь на жалобах и предоставляемой информации, способны поставить предварительный диагноз, дать рекомендации по корректировке образа жизни и питания, что в свою очередь обуславливает актуальность данной проблемы [3].

Целью исследования является анализ и обобщение отечественной и зарубежной информации об использовании искусственного интеллекта в сфере здравоохранения.

Обсуждение. Искусственный интеллект (ИИ) – это быстро развивающаяся область информатики. Ее главной целью является создание приложений, способных быстро и эффективно решать человеческие задачи.

Таким образом, благодаря машинному обучению, глубокому обучению и обработке естественного языка, искусственный интеллект способен быстро и качественно обрабатывать медицинские данные [2]. Это повышает точность диагностики заболеваний, в том числе онкологии, генетических дефектов, врожденных синдромов. Актуальные данные показывают, что использование искусственного интеллекта повышает точность поставленного диагноза. Так, алгоритмы глубокого обучения используются для выявления пневмонии на основе рентгеновских данных грудной клетки с чувствительностью и специфичностью 96% и 64% по сравнению с 50% и 73% для радиологов соответственно [4]. Это помогает снизить риск врачебной ошибки, вовремя назначить подходящее лечение. Помимо этого, алгоритмы машинного обучения могут помочь спрогнозировать возникновение тех или иных заболеваний, анализируя огромное количество данных об их симптоматике и патогенезе, что также имеет огромное значение для медицинской сферы, а также для человечества в целом [5]. Нельзя не отметить важность применения искусственного интеллекта в фармацевтике. Применение цифровых технологий может позволить снизить производственные расходы, найти наиболее рациональные сочетания лекарственных компонентов, разработать и выбрать методы их получения. Таким образом, увеличиваются эффективность препаратов, их доступность для населения [1]. Помимо этого, внедрение искусственного интеллекта в медицину позволяет осуществлять постоянный мониторинг состояния пациентов, через такие устройства, как фитнес-браслеты. Это дает возможность быстро отреагировать на неблагоприятные изменения в состоянии здоровья, скорректировать лечение, предотвратить осложнения.

Выводы. Таким образом, исходя из всего вышесказанного, стоит отметить важность такого этапа, как внедрение искусственного интеллекта в медицину, жизнь человека, сферу здравоохранения [6, 7]. Интеграция искусственного интеллекта обладает огромным потенциалом, создает предпосылки для улучшения качества оказания медицинской помощи, в частности модернизации методов обследования, повышения точности диагностики заболеваний. Кроме того, ИИ может помочь в управлении здоровьем населения и разработке руководящих принципов, предоставляя точную информацию в режиме реального времени и оптимизируя выбор лекарств. Также это дает людям возможность лучше понимать собственный организм, вовремя обращаться за медицинской помощью.

Список литературы:

1. Адылова Ф.Т. Ситуация в мировой фармацевтике, – почему и как искусственный интеллект используется в разработке лекарств / Ф.Т. Адылова // SUN'YU INTELLEKT. – 2023. – № 5. – С. 178–186.
2. Минц Ю., Броди Р. Введение в искусственный интеллект в медицине / Ю. Минц, Р. Броди // Minim Invasive Ther Allied Technol. – 2019. – № 28(2). – С. 73–81.
3. Щукина Е.В., Абрамова А.Е., Малеева М.В., Болдина Н.В. Искусственный интеллект в медицине // Innova. – 2023. – Т. 9, № 4. – С. 41–42.

4. Alowais S.A., Alghamdi S.S., Alsuhebany N. et al. Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice / S.A. Alowais, S.S. Alghamdi, N. Alsuhebany et al // BMC Med Educ. – 2023. – Vol. 23. – P. 689.

5. Yang Y.C., Islam S.U., Noor A., Khan S., Afsar W., Nazir S. Influential Usage of Big Data and Artificial Intelligence in Healthcare / Y.C. Yang, S.U. Islam, A. Noor, S. Khan, W. Afsar, S. Nazir // Comput Math Methods Med. – 2023. – N 6. – P. 47.

6. Манерова О.А., Нестерова Е.И. Интернет-технологии в процессе информирования подростков по вопросам профилактики инфекций, передаваемых половым путем // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2025. – Т. 33, № 1. – С. 71–78. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ645372](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ645372).

7. Решетников В.А., Каграманян И.Н., Якушина И.И., Михайловский В.В., Микерова М.С., Шустикова Е.А., Яковљевић В., Николић Турнић Т., Мијаиловић С., Димитријевић Ј., Тасић Љ. Отношение студентов медицинских специальностей к образовательному процессу в период пандемии COVID-19 // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 4. – С. 557–568. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ626321](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ626321).

НЕЙРОСЕТИ В СТОМАТОЛОГИИ

А.Б. Казумова

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет), г. Москва

Системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) становятся все более актуальными в области здравоохранения, включая стоматологию. Они помогают медицинским работникам быстро и точно принимать решения, основываясь на анализе данных о пациентах и клинических протоколах. В последние годы чат-боты, использующие технологии искусственного интеллекта, начали активно внедряться в медицинскую практику, предлагая новые возможности для взаимодействия между пациентами и врачами. В данной статье рассматривается разработка чат-бота, предназначенного для поддержки принятия врачебных решений на стоматологическом приеме.

Ключевые слова: СППВР, искусственный интеллект, цифровая стоматология, чат-бот.

NEURAL NETWORKS IN DENTISTRY

A.B. Kazumova

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
(Sechenov University), Moscow

Clinical decision support systems (CDSS) are becoming increasingly relevant in the field of healthcare, including dentistry. They help healthcare professionals make decisions quickly and accurately based on the analysis of patient data and clinical protocols. In recent years, chatbots using artificial intelligence technologies have begun to be actively introduced into medical practice, offering new opportunities for interaction between patients and doctors. This article discusses the development of a chatbot designed to support medical decision-making at a dental appointment.

Keywords: CDSS, artificial intelligence, digital dentistry, chatbot.

Актуальность. Системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) становятся все более актуальными в области здравоохранения, включая стоматологию. Они помогают медицинским работникам быстро и точно принимать решения, основываясь на анализе данных о пациентах и

клинических протоколах [1]. В последние годы чат-боты, использующие технологии искусственного интеллекта, начали активно внедряться в медицинскую практику, предлагая новые возможности для взаимодействия между пациентами и врачами. В данной статье рассматривается разработка чат-бота, предназначенного для поддержки принятия врачебных решений на стоматологическом приеме [2, 3].

Цель работы. Цель исследования создать чат-бота, который будет обеспечивать стоматологов рекомендациями по диагностике и лечению, а также предоставлять пациентам информацию о процедурах и уходе за полостью рта. Мы стремимся повысить эффективность работы стоматологов, улучшить качество обслуживания пациентов и сократить время, необходимое для принятия решений.

Материал и методы. В процессе исследования были выполнены следующие этапы:

1. На первом этапе была проведена оценка потребностей стоматологов и пациентов. Для этого были организованы опросы и интервью с врачами, работающими в различных стоматологических клиниках, а также с пациентами, проходящими лечение.
2. На основе собранной информации были определены ключевые области, в которых чат-бот может оказать помощь. Это включает в себя: диагностику распространенных стоматологических заболеваний, рекомендации по лечению и уходу за полостью рта, ответы на часто задаваемые вопросы пациентов.
3. Чат-бот был разработан с использованием платформы для создания чат-ботов, интегрированной с системой обработки естественного языка (NLP). Он был обучен на основе клинических протоколов и рекомендаций, предоставленных стоматологами и основанных на последних исследованиях.
4. После разработки чат-бот прошел несколько этапов тестирования, включая: альфа-тестирование с участием разработчиков, и бета-тестирование с участием стоматологов и пациентов, чтобы выявить возможные проблемы и улучшить функциональность.

Результаты и обсуждение. Разработка чат-бота продемонстрировала значительный потенциал в области стоматологии. Он способен предоставлять стоматологам актуальную информацию и рекомендации, что позволяет им сосредоточиться на более сложных аспектах лечения. Кроме того, чат-бот может значительно улучшить взаимодействие с пациентами, предоставляя им доступ к информации в любое время и в удобной форме.

Однако, несмотря на положительные аспекты, существуют и некоторые ограничения. Например, чат-бот не может заменить личное взаимодействие с врачом в сложных случаях, требующих детального обследования. Также важно учитывать вопросы конфиденциальности и безопасности данных пациентов [3].

В результате разработки чат-бота удалось достичь следующих результатов:

- Сокращение времени, необходимого стоматологам для поиска информации и принятия решений.

- Повышение удовлетворенности пациентов благодаря быстрому доступу к информации.
- Увеличение числа обращений пациентов за консультациями и рекомендациями.

Заключение и выводы. Разработка чат-бота для системы поддержки принятия врачебных решений в стоматологии продемонстрировала свою эффективность и полезность. Он способен улучшить качество обслуживания пациентов и повысить эффективность работы стоматологов. В будущем планируется продолжить улучшение функциональности чат-бота, включая интеграцию с другими медицинскими системами и расширение базы знаний. Это позволит создать более совершенную систему поддержки принятия решений, которая будет отвечать современным требованиям стоматологической практики и обеспечивать стоматологов актуальной информацией в реальном времени [5]. Одной из ключевых задач является разработка алгоритмов, способных анализировать данные о пациентах и предлагать персонализированные рекомендации на основе их истории болезни и текущих жалоб.

Кроме того, планируется внедрение машинного обучения для улучшения точности диагностики и предсказания возможных осложнений. Чат-бот сможет не только предоставлять информацию о лечении и профилактике заболеваний, но и напоминать пациентам о необходимости посещения врача, а также управлять записями на прием.

Важным аспектом будет обеспечение безопасности данных пациентов, что требует интеграции современных методов шифрования и соблюдения стандартов конфиденциальности.

В итоге, создание многофункционального чат-бота для стоматологии не только повысит качество обслуживания, но и сделает процесс лечения более эффективным и комфортным как для врачей, так и для пациентов. Это станет важным шагом к цифровизации медицинских услуг и улучшению здоровья населения.

Список литературы:

1. Suleymanova A.T., Bataeva S.P., Kazumova A.B., Shtyrts D.V., Dorofeev Y.N. Current State and Prospects of Telemedicine Development // *Journal of Complementary Medicine Research*. – 2022. – Vol. 13(3). – P. 46–49.
2. Moshkova A.I., Levanov V.M. Information Technologies Application and Growing Digitation in Dental Practice in the Russian Federation / XI International Scientific Conference «General question of world science». – 2019. – P. 39–42.
3. Howell S.E., Fukuoka B. Teledentistry for Patient-centered Screening and Assessment // *Dent Clin North Am*. – 2022. – Vol. 66(2). – P. 195–208.
4. Batra P., Tagra H., Katyal S. Artificial Intelligence in Teledentistry // *Discoveries (Craiova)*. – 2022. – Vol. 10(3). – P. 153.
5. Islam M.R., Islam R., Ferdous S., Watanabe C., Yamauti M., Alam M.K., Sano H. Teledentistry as an Effective Tool for the Communication Improvement between Dentists and Patients: An Overview // *Healthcare (Basel)*. – 2022. – Vol. 10(8). – P. 1586.

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

Д.А. Гамзатова

Научный руководитель: к.п.н., доцент О.А. Федосова
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

Современное здравоохранение находится на этапе глубокой трансформации, обусловленной как демографическими изменениями и ростом хронических заболеваний в стране, так и бурным развитием информационных и биомедицинских технологий. В ответ на вызовы повышения эффективности, доступности и качества медицинской помощи активно формируются новые подходы, среди которых концепция цифровых двойников занимает одно из центральных мест.

Ключевые слова: цифровой двойник, здравоохранение, искусственный интеллект, цифровая трансформация, медицинская экосистема.

DIGITAL TWINS IN HEALTHCARE

D.A. Gamzatova

Scientific supervisor: Ph.D. of Pedagogic Sciences, Docent O.A. Fedosova
Ryazan State Medical University, Ryazan

Modern healthcare is at a stage of profound transformation due to both demographic changes and the growth of chronic diseases in the country, as well as the rapid development of information and biomedical technologies. In response to the challenges of improving the efficiency, accessibility and quality of medical care, new approaches are actively being formed, among which the concept of digital twins occupies one of the central places.

Keywords: digital twin, healthcare, artificial intelligence, digital transformation, medical ecosystem.

Развитие современных технологий оказывает глубокое влияние на все сферы жизни людей, и здравоохранение в этом вопросе не является исключением. В настоящее время наблюдается постепенный сдвиг парадигмы от модели медицины, ориентированной на лечение уже возникших заболеваний, к новой превентивной и персонализированной модели, направленной на поддержание здоровья и благополучия человека на протяжении всей жизни. Этот переход неразрывно связан с необходимостью обработки и осмысления постоянно растущих объемов медицинской информации, генерируемой как в клинической практике, так и самими пациентами с помощью различных устройств [4]. В этом контексте концепция цифровых двойников привлекает всё большее внимание как технология, способная произвести революцию в подходах к оказанию медицинской помощи.

Идея цифровых двойников, впервые зародившаяся в промышленности для моделирования и оптимизации сложных технических систем, находит всё более широкое применение и в медицине. Цифровой двойник в здравоохранении представляет собой динамическую виртуальную копию физического объекта (пациента, органа, ткани, медицинского изделия), процесса (лечения, диагностики) или даже целой системы (медицинской организации). Ключевой особенностью является неразрывная двунаправленная

связь между физическим оригиналом и его цифровым представлением, которая обеспечивается потоком данных, поступающих в режиме реального времени. Эта связь позволяет не только отображать текущее состояние объекта, но и, что более важно, моделировать его поведение, прогнозировать развитие событий и оценивать эффект от различных вмешательств в виртуальной среде («in silico»), прежде чем применять их на практике [1]. Таким образом, цифровой двойник становится мощным инструментом для анализа, прогнозирования и поддержки принятия решений на всех уровнях системы здравоохранения.

Создание и эффективное функционирование цифровых двойников в медицине опирается на комплекс взаимосвязанных информационных технологий. Электронные медицинские карты (ЭМК) служат основным источником структурированных клинических данных о пациенте. Технологии интернета вещей (IoT), включая носимые сенсоры, имплантируемые устройства и умное медицинское оборудование, обеспечивают непрерывный сбор физиологических данных и информации об образе жизни пациента вне стен клиники [2]. Огромные массивы этих разнородных данных (большие данные, Big Data) требуют применения передовых методов анализа, в первую очередь, искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения, для извлечения ценных знаний, выявления паттернов и построения точных предиктивных моделей. Технологии виртуальной (VR), дополненной (AR) и смешанной (MR) реальности используются для визуализации цифровых двойников и взаимодействия с ними, например, при планировании операций или обучении.

Практические перспективы применения цифровых двойников в здравоохранении чрезвычайно широки. Виртуальная копия конкретного пациента, построенная на основе его уникальных геномных, физиологических, клинических данных и информации об образе жизни, позволяет с высокой точностью моделировать развитие заболевания и подбирать индивидуальную стратегию лечения, оптимизируя выбор препаратов и их дозировку, прогнозируя возможные побочные эффекты. Данное направление активно развивается в кардиологии, онкологии, эндокринологии и других важных мед. областях, где требуется учет индивидуальных особенностей пациента. Например, цифровые двойники сердца используются для оценки рисков аритмии, планирования кардиохирургических вмешательств и подбора оптимальных параметров кардиостимуляторов.

В фармацевтической индустрии цифровые двойники открывают сегодня новые возможности для ускорения и удешевления процесса разработки лекарств. Моделирование взаимодействия препаратов с виртуальными моделями органов, тканей или целых популяций пациентов позволяет на ранних этапах отсеивать неэффективные или небезопасные кандидаты, сокращая потребность в дорогостоящих и этически спорных испытаниях на животных. Использование цифровых двойников в клинических исследованиях позволяет точнее подбирать группы пациентов и более надежно прогнозировать результаты.

В организации здравоохранения цифровые двойники могут служить инструментом для оптимизации работы как отдельных медицинских

учреждений, так и системы в целом. Моделирование потоков пациентов, работы персонала, использования оборудования и ресурсов позволяет выявлять узкие места, улучшать логистику, сокращать время ожидания и повышать общую эффективность работы клиники. На макроуровне возможно создание цифровых двойников регионов или целых стран для прогнозирования эпидемий, планирования ресурсов здравоохранения, оценки эффективности мер общественного здоровья и управления маршрутизацией пациентов [1].

Обеспечение конфиденциальности и безопасности персональных медицинских данных при их сборе, передаче и обработке в рамках цифрового двойника является критически важным вопросом, требующим надежных технологических и организационно-правовых решений [3]. Существуют серьезные этические вопросы, связанные с использованием ИИ в принятии клинических решений, автономией пациента, возможной дискриминацией и ответственностью за ошибки, сделанные на основе предсказаний цифрового двойника [4, 5].

Внедрение технологий цифровых двойников несомненно является одним из самых перспективных направлений развития здравоохранения, способным привести к созданию более точной, эффективной и персонализированной медицине. Однако реализация этого потенциала требует решения комплекса сложных технологических, организационных, этических и правовых проблем. Успех во многом будет зависеть от способности различных участников – исследователей, разработчиков, клиницистов, пациентов, регуляторов – к сотрудничеству в рамках формирующихся медицинских экосистем [6, 7]. Преодоление существующих барьеров позволит цифровым двойникам стать неотъемлемой частью медицинской практики, улучшая здоровье и качество жизни миллионов людей.

Список литературы:

1. Зуенкова Ю.А. Опыт и перспективы применения цифровых двойников в общественном здравоохранении / Ю.А. Зуенкова // Менеджер здравоохранения. – 2022. – С. 69–77.
2. Карачун И.А. Цифровые двойники в информационных системах здравоохранения / И.А. Карачун // Тенденции экономического развития в XXI веке: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Минск: БГУ, 2023. – С. 410–412.
3. Михеев А.Е. Перспективы создания цифровых медицинских экосистем в России: цифровые двойники и другие технологии, проблемы и подходы / А.Е. Михеев // Менеджер здравоохранения. – 2024. – № 13. – С. 4–32.
4. Федосова О.А. Направления развития цифровой медицины / О.А. Федосова, Е.Н. Соколова, А.И. Иванов // Цифровое будущее современной медицины : Сборник докладов I Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, Рязань, 24–25 апреля 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 2024. – С. 160–163. – EDN IJWZLP.
5. Кузнецов З.Ю. Использование искусственного интеллекта в профессиональной языковой подготовке студентов медицинского вуза // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2024. – Т. 12, № 1(44). – С. 34–45. – URL: <http://humjournal.rzgm.ru/art&id=591>. – DOI: 10.23888/humJ202412134-45.
6. Дементьев А.А., Цурган А.М., Жолудова А.Н., Полякова О.В., Соловьев Д.А. Пути оптимизации учебного процесса в медицинском вузе // Личность в меняющемся

мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2024. – Т. 12, № 2(45). – С. 94–106. – URL: <http://humjournal.rzgmu.ru/art&id=598>. – DOI: 10.23888/humJ202412294-106.

7. Ивенков М.П., Масалева И.О., Пахомова Е.А. Эффективность патогенетической терапии пациентов с болезнью Паркинсона в Курской области // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2025. – Т. 33, № 1. – С. 79–86. – DOI: [10.17816/PAVLOVJ501778](https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ501778).

СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

А.И. Ангбазова

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент О.В. Тихонова
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В статье рассматриваются ведущие системы поддержки принятия врачебных решений в кардиологии, включая технологии, основанные на цифровых двойниках сердечно-сосудистой системы. Оценены различные подходы к созданию таких моделей, включая математические методы оптимизации для выбора терапевтических стратегий. Подчеркивается значимость систем в повышении точности диагностики, определении тактики лечения и улучшении качества предоставляемой медицинской помощи.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, математическое моделирование, сердечно-сосудистая система, кардиология, цифровой двойник, персонализированная медицина, оптимизация терапии, гемодинамика.

MEDICAL DECISION SUPPORT SYSTEMS BASED ON DIGITAL MODELLING OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

A.I. Angbazova

Scientific supervisor: Ph.D. of Physics and Mathematics Sciences,
Docent O.V. Tikhonova
Ryazan State Medical University, Ryazan

The article reviews leading medical decision support systems in cardiology, including technologies based on digital twins of the cardiovascular system. Various approaches to the creation of such models are evaluated, including mathematical methods of optimisation for the selection of therapeutic strategies. The importance of the systems in improving diagnostic accuracy, determining treatment tactics and improving the quality of care provided is highlighted.

Keywords: decision support system, mathematical modelling, cardiovascular system, cardiology, digital twin, personalised medicine, therapy optimisation, haemodynamics.

Сердечно-сосудистые заболевания остаются ведущей причиной смертности и инвалидизации во всем мире. В 2024 г. в Российской Федерации число смертей от сердечно-сосудистой патологии составило более 800 тысяч человек, из них умерших по причине ишемической болезни сердца – 54,2%. Раннее выявление патологий и своевременное вмешательство являются ключевыми факторами в снижении этих показателей [5].

В настоящее время значительная часть медицинских исследований направлена на усовершенствование подходов к диагностике острой сердечной

недостаточности [7], повышение эффективности хирургического лечения пораженных артерий [4], применению лазерных технологий в лечении различных форм ишемической болезни сердца и заболеваний периферических артерий [8].

Однако традиционные методы, несмотря на свою эффективность, нередко требуют существенных временных и ресурсных затрат, и не всегда обеспечивают непрерывный мониторинг состояния пациента. В данной ситуации особую значимость приобретают девайсы, функционирующие на основе технологии Интернета вещей, позволяющие непрерывно отслеживать сердечный ритм человека [2], а также системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР), направленные на повышение качества медицинского обслуживания и снижение количества врачебных ошибок.

В качестве основы СППВР в кардиологии предполагается использование цифрового двойника системы кровообращения – персонализированной виртуальной модели, предназначенной для имитации физиологических процессов, функций и характеристик сердечно-сосудистой системы. Двойник также будет способен отражать изменения в организме, возникающие в реальном времени под воздействием внешних факторов. Его фундаментом станут математические модели.

В настоящее время, ввиду сложности учета механизмов регуляции, двойники разрабатываются для отдельных органов и систем – сосудистых ветвей и структур сердца. Рассмотрим наиболее известные модели сердечно-сосудистой системы.

Исследовательская группа компании Dassault Systemes, создала цифровую копию сердца – «Living Heart Project» [11], представляющую собой детализированную модель четырехкамерного сердца. Она разработана на основе изображений, полученных посредством магнитно-резонансной и компьютерной томографии, что позволяет воспроизводить электрическую активность и механическую деформацию сердечной мышцы в течение полного сердечного цикла. Цифровой двойник может быть адаптирован для изучения врожденных аномалий и различных патологий сердечно-сосудистой системы.

Компания Philips стала одной из первых, кто внедрил концепцию цифрового двойника в кардиологию, разработав систему «Philips Heart Model». Данная технология позволяет создать трехмерную модель левого предсердия и желудочка на основе двухмерных диагностических изображений, а также производить расчет сердечного индекса. Процесс моделирования базируется на статистическом анализе данных ультразвукового исследования сердца с последующей адаптацией под индивидуальные параметры пациента [13].

На основе «Philips Heart Model» была создана усовершенствованная платформа «Dynamic HeartModel», расширяющая возможности клинического применения. Помимо оценки объемов камер сердца, система применяет технологию 3D-отслеживания спеклов для анализа каждого кадра в течение цикла. Визуализация движущихся контуров предсердий и желудочков, расчет дополнительных индексов обеспечивают комплексное представление о работе отделов сердца, динамике стенок и взаимосвязи изменений объемов камер.

Предпринимаются попытки разработки цифрового двойника сердечно-сосудистой системы в целом. В его основе лежит многомерная математическая модель. Система сосудов большого круга кровообращения описывается с использованием нульмерного подхода, системные артерии моделируются одномерными уравнениями. Сердце представлено в виде двухкамерной структуры, также описанной нульмерным подходом, и соединено с входом в аорту. Периферические сосуды интегрированы с трехэлементной моделью Виндкесселя, обеспечивающей приближенное воспроизведение гемодинамических свойств микроциркуляторного русла.

Подробнее всего анализ и перспективы применения цифровых двойников в кардиологии раскрыты в работе [12]. В ней отмечено, что в ближайшем будущем использование данных моделей станет неотъемлемой частью клинической практики.

Созданы различные СППВР, которые ориентированы на «электронный» образ пациента, сформированный на совокупности клиничко-лабораторных данных. Эти системы помогают врачу в процессе принятия решений, направленных на оптимизацию лечения пациента и подбор наиболее эффективных медицинских вмешательств [6].

Система «MedicVK» выполняет обработку клинических данных пациентов, формирование приоритетных для наблюдения групп и персонализированных стратегий лечебного воздействия, а также мониторинг достижения целевых показателей здоровья. Система предлагает корректировку терапии в соответствии с актуальными рекомендациями, статистический анализ опубликованных клинических данных.

СППВР «Webiomed», основанная на технологиях машинного обучения, предназначена для выявления пациентов с повышенным риском сердечно-сосудистых заболеваний и прогнозирования возможных кардиологических осложнений. Система анализирует массив данных, охватывающий целые группы пациентов, и формирует индивидуальные клинические рекомендации, а также определяет степень риска для пациентов [6].

В исследовании [9] авторами предложена математическая модель кровообращения, представляющая собой замкнутую систему из управляющего объекта и объекта управления. Управляемыми параметрами являются сердце, сосудистая сеть и объем циркулирующей крови. Механизм регуляции включает комплекс физиологических процессов, ответственных за адаптацию кровообращения. Управление осуществляется путем изменения таких свойств, как проводимость и жесткость сосудов, ненапряженный объем крови. Эти изменения, в свою очередь, влияют на объем крови в сосудах, уровень артериального давления и кровотоков.

Для оценки состояния пациента в модель включены индексы сердечно-сосудистой системы, отражающие главные функции кровообращения. Значения этих индексов для здоровых пациентов устанавливаются на основе нозологических стандартов. Механизм регуляции сердечно-сосудистой системы, рассматриваемый как многосвязанный, нелинейный, нестационарный и стохастический процесс, описан с помощью алгоритма градиентного

нейросетевого управления [10]. Процесс регуляции осуществляется посредством обратных связей.

Структура цифрового двойника, как биотехнической системы, предполагает организацию двусторонней информационной связи между блоком «объект управления – пациент» и двумя компонентами – врачом и блоком «медицинский программно-аппаратный комплекс». Последний также находится во взаимодействии с врачом, замыкая цикл управления. Данные о пациенте поступают на «медицинский программно-аппаратный комплекс» через модуль «технические средства диагностики», после чего обрабатываются в блоках «цифровой двойник» и «СППВР». Результаты обработки направляются в «технические средства воздействия» и «технические средства отображения информации и управления». Полученные данные интерпретируются врачом.

Для процедуры валидации и работоспособности модели определена схема размещения точек неинвазивного контроля параметров сердечно-сосудистой системы. Аппаратная часть включает диагностические средства для регистрации артериального давления (пневматические манжеты), для измерения параметров кровотока (фазово-контрастная МРТ, 4D-flow МРТ, двухмерная эхокардиография и доплерэхокардиография).

Представленная СППВР базируется на логико-лингвистической модели, где входные параметры отражают подвергающиеся сильному изменению свойства сердечно-сосудистой системы и их степень отклонения от нормы. Входные значения модели формируются в результате решения задачи оптимизации. На основании заложенной в СППВР системы продукционных правил и текущей конфигурации параметров, сопоставленной с найденными оптимальными значениями свойств сердечно-сосудистой системы, автоматически выбирается индивидуальный терапевтический протокол.

Определенное системой решение может служить дополнительным фактором при вынесении окончательного вердикта в сложных клинических случаях, ориентиром для сердечно-сосудистых хирургов и кардиологов. Оно влияет на сроки реабилитации пациента, качество жизни, возможность продолжать трудовую деятельность. Совершенствование СППВР, включая их взаимодействие с устройствами Интернета вещей для сбора данных о состоянии пациента, расширение базы данных, улучшение алгоритмов и интеграция с медицинскими системами, повысит их востребованность в медицинской практике и будет способствовать персонализированному подходу к лечению [1, 14]. Эти технологии помогут сократить время постановки диагноза, что позволит снизить нагрузку на специалистов и уменьшить риск возникновения врачебных ошибок.

Список литературы:

1. Ангазова А.И., Тихонова О.В. Возможность применения баз данных в персонализированной медицине // Инновационные технологии в медицине: взгляд молодого специалиста: сборник докладов X Всероссийской научной конференции с международным участием молодых специалистов, аспирантов, ординаторов, посвященной 175-летию со дня

рождения академика И.П. Павлова и 120-летию со дня получения им Нобелевской премии. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 2024. – С. 79–81.

2. Вихорькова С.В., Тихонова О.В. Интернет вещей – инновационная технология в медицине и здравоохранении // Естественнаучные основы медико-биологических знаний: сборник докладов IV Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию РязГМУ. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, 2023. – С. 44–47.

3. Гаврилов Д.В., Серова Л.М., Корсаков И.Н., Гусев А.В., Новицкий Р.Э., Кузнецова Т.Ю. Предсказание сердечно-сосудистых событий при помощи комплексной оценки факторов риска с использованием методов машинного обучения // Врач. – 2020. – № 5. – С. 41–46.

4. Кондараки А.В., Чупин А.В., Алесян Б.Г., Кульбак В.А. Достижения и перспективы сосудистой хирургии в лечении вертебробазиллярной недостаточности // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2022. – Т. 30, № 4. – С. 563–574.

5. Никифоров А.А., Синяева А.С., Тихонова О.В., Филиппов Е.В. Впервые выявленная фибрилляция предсердий у пациентов с коморбидной патологией // РМЖ. Медицинское обозрение. – 2025. – № 9(1). – С.12–17.

6. Романюта М.А., Гречушкина Н.В. Системы на основе нейронных сетей в медицине // Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики: материалы III Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию Самарского государственного университета путей сообщения. – Оренбург: ОрИПС – филиала СамГУПС, 2023. – С. 161–164.

7. Смирнова Е.А., Седых Е.В., Горбова А.В., Жеронкина В.В., Куртикова О.В. Оценка клинического профиля, подходов к диагностике и лечению пациентов, госпитализированных с острой декомпенсацией сердечной недостаточности // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2022. – Т. 30, № 2. – С. 183–192.

8. Староверов И.Н., Ильин М.В., Тихов А.В., Чураков С.О., Лончакова О.М., Джавоян М.Ф. Лазерные технологии в лечении артериальной патологии // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2024. – Т. 32, № 4. – С. 645–656.

9. Фролов С.В., Коробов А.А., Ветров А.Н. Система поддержки принятия врачебных решений в кардиологии на основе цифрового двойника сердечно-сосудистой системы // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – Т. 11, № 1.

10. Фролов С.В., Потлов А.Ю., Коробов А.А., Савинова К.С. Градиентный метод нейросетевого управления многосвязными нелинейными нестационарными стохастическими системами // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2021. – № 5. – С. 41–48.

11. Baillargeon B., Rebelo N., Fox D.D., Taylor R.L., Kuhl E. The Living Heart Project: A robust and integrative simulator for human heart function // European Journal of Mechanics. – 2014. – № 48. – P. 38–47.

12. Garber L., Khodaei S., Keshavarz-Motamed Z. The critical role of lumped parameter models in patient-specific cardiovascular simulation // Archives of Computational Methods in Engineering. – 2022. – P. 2977–3000.

13. Narang A., Mor-Avi V., Prado A., Volpato V., Prater D., Tamborini G., Fusini L., Pepi M., Goyal N., Addetia K., Gonçalves A., Patel A. R., Lang R.M. Machine learning based automated dynamic quantification of left heart chamber volumes // European Heart Journal – Cardiovascular Imaging. – 2019. – Vol. 20, N 5. – P. 541–549.

14. Оськин Д.Н., Ларина М.О., Строилова Н.В., Варнавский А.Н. Тестирование Telegram-бота, предназначенного для оценки субъективного благополучия и качества жизни граждан, включенных в систему долговременного ухода // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2024. – Т.12, № 3(46). – С. 239–252. – URL: <http://humjournal.rzgm.ru/art&id=612>. – DOI: 10.23888/humJ2024123239-252.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДБОРА СХЕМЫ ЛЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.А. Крошила

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая
школа экономики», г. Москва

В статье представлены возможности математического моделирования для автоматизации процесса выбора схемы лечения в медицинской практике. Технологии искусственного интеллекта позволяют повысить обоснованность врачебного решения и представить ранжированный список подходящих конструкций для стоматолога.

Ключевые слова: информационная система, интеллектуальная система, математическая модель, стоматологическая схема лечения, поддержка принятия медицинских решений.

AUTOMATIZATION OF THE SELECTION OF A TREATMENT REGIMEN USING MATHEMATICAL MODELING

A.A. Kroshilina

National Research University “Higher School of Economics”, Moscow

The article presents the possibilities of mathematical modeling to automate the process of choosing a treatment regimen in medical practice. Artificial intelligence technologies make it possible to increase the validity of a medical decision and provide a ranked list of suitable designs for a dentist.

Keywords: information system, intelligent system, mathematical model, dental treatment regimen, medical decision support.

Принятие врачебных решений практически всегда происходит в условиях ограниченности информации или ее частичном отсутствии. Неопределенность в медицине может быть вызвана различными факторами: отсутствие у врача достаточных компетенций, невозможность обнаружения симптомов у пациента, сложность постановки конкретного диагноза и т. д.

Организм человека является динамической системой, а часть показателей вообще можно считать стохастическими. Осложняет процесс принятия медицинских решений то, что выводы делаются на основании данных, полученных в конкретный момент времени, но при этом необходимо учитывать параметры в динамике, иначе говоря, проводить анализ предыдущих значений и выявлять причины изменений. Более того, нельзя не оценивать и возможные последствия выбранного варианта лечения, прогнозировать возможные изменения состояния организма.

Однако следует отметить, что врач редко располагает полной клинической информацией о пациенте, а сам пациент может не упоминать о своих симптомах. В таком случае врач оказывается в ситуации, когда решение необходимо принимать в условиях частичной неопределенности и принимать на себя ответственность за возможные риски последствий принятия решения.

Решения в медицинской сфере остаются одними из самых обширных с точки зрения влияния на общество, поскольку вне зависимости от масштаба

организации врач влияет на судьбы многих людей через одного пациента. Ведь на основании историй болезней формируются специальные базы знаний, происходит обучение будущих врачей и создаются дата-сети для обучения интеллектуальных алгоритмов.

В конце 60-х годов XX века осознали необходимость повышения эффективности диагностического процесса, и это привело к интегрированию математических методов в медицинскую практику [2].

На сегодняшний день, важным этапом развития отрасли является программа «Цифровое здравоохранение», которое ставит своей целью придание большей значимости инновациям в медицине [3, 4]. Основу любой цифровой трансформации составляют данные, их сбор и обработка, на основании чего могут приниматься решения. Согласно международной классификации системы поддержки принятия решения являются высшей ступенью в реализации потенциала поддержки бизнес-решений.

Согласно ГОСТ Р 71671–2024 «Системы поддержки принятия врачебных решений с применением искусственного интеллекта. Основные положения» [1], под СППВР понимается «программное обеспечение, позволяющее путем обработки и интерпретации собираемой информации на основе алгоритмов поддерживать принятие врачом решения на всех этапах лечебно-диагностического процесса с целью снижения ошибок и повышения качества оказываемой медицинской помощи». Внутри подобных систем могут быть реализованы различные алгоритмы, представленные моделью машинного обучения, математической моделью (формулой), последовательностью инструкций по обработке входных данных или иной программной реализацией.

Применяя CRISP-DM (межотраслевой стандартный процесс исследования данных) к медицинской предметной области, можно выделить следующие фазы жизненного цикла (рисунок 1).

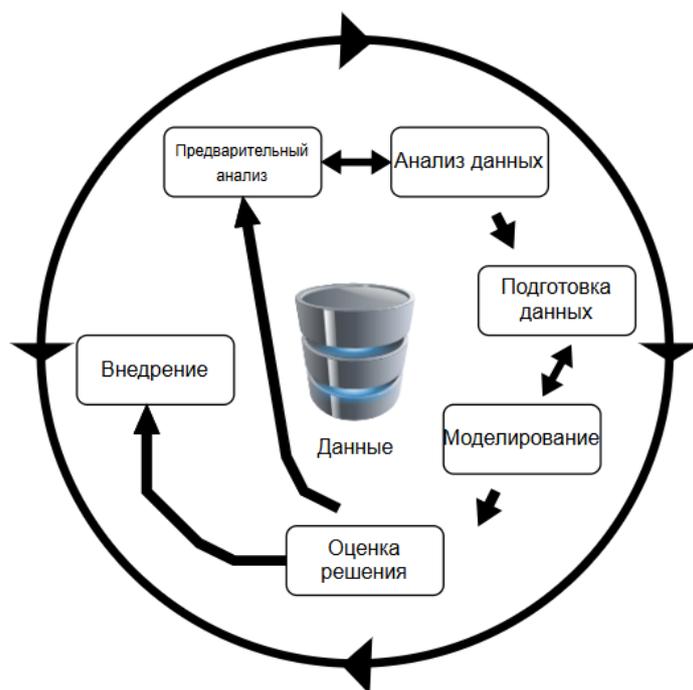


Рис. 1. CRISP-DM для медицинской сферы

Математическое моделирование остается одним из самых важных инструментов, востребованных на каждом этапе анализа данных в медицине, поскольку объекты медицинских исследований зачастую представляют собой комплексные стохастические системы, включающие большое количество элементов и связей между ними. Исследование подобных структур отличается сбором значительного числа первичных данных, подлежащих предварительному системному анализу, одним из направлений которого является метод вероятностно-статистического моделирования.

Классификация – наиболее часто решаемая задача интеллектуального анализа данных, но несмотря на это, требуется искать наиболее подходящие способы классификации для решения конкретной задачи. Именно поэтому решение задачи классификации остается актуальным и неисчерпаемым.

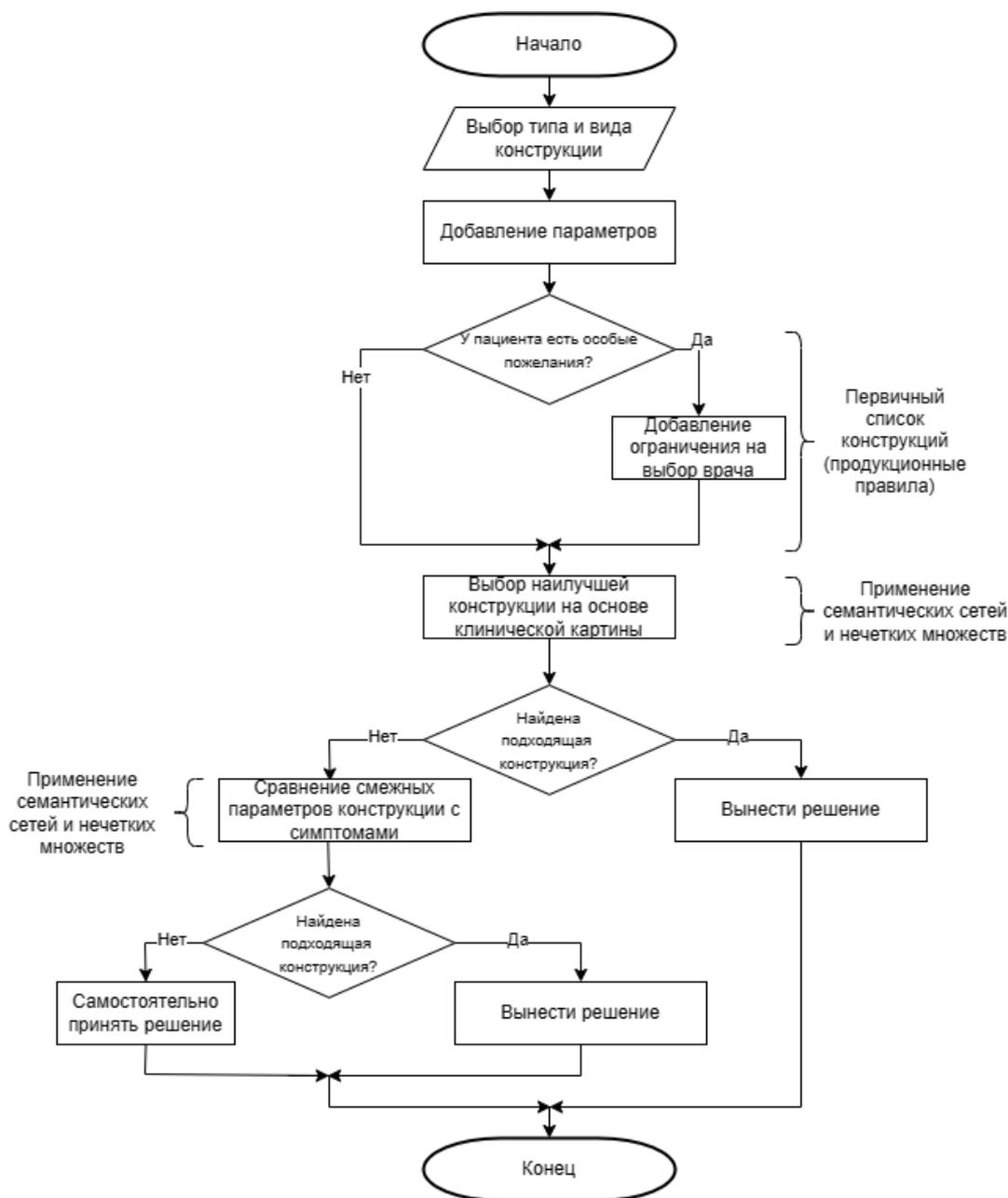


Рис. 2. Интеллектуальный алгоритм поддержки принятия стоматологических решений

Для рассматриваемой предметной области – стоматология – был составлен интеллектуальный алгоритм, включающий различные методы математического моделирования. Алгоритм лег в основу работы интеллектуальной системы поддержки принятия стоматологических решений [5].

Список литературы:

1. ГОСТ Р 71671–2024. Системы поддержки принятия врачебных решений с применением искусственного интеллекта Основные положения. – М., 2024. – 12 с.
2. Быховский М.Л., Вишневский А.А. Кибернетические системы в медицине. – М.: Наука, 1971. – 234 с.
3. Оськин Д.Н., Ларина М.О., Строилова Н.В., Варнавский А.Н. Тестирование Telegram-бота, предназначенного для оценки субъективного благополучия и качества жизни граждан, включенных в систему долговременного ухода // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2024. – Т. 12, № 3(46). – С. 239–252. – URL: <http://humjournal.rzgmu.ru/art&id=612>. – DOI: 10.23888/humJ2024123239-252.
4. Кузнецов З.Ю. Использование искусственного интеллекта в профессиональной языковой подготовке студентов медицинского вуза // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2024. – Т. 12, № 1(44). – С. 34–45. – URL: <http://humjournal.rzgmu.ru/art&id=591>. – DOI: 10.23888/humJ202412134-45.
5. Перепелкин Д.А., Крошилин А.В., Крошилина С.В., Попова А.А. Математическое и компьютерное моделирование процессов поддержки принятия управленческих решений врача-стоматолога на основе семантических сетей и теории нечетких множеств // Вестник РГРТУ, 2024. – С. 127–140.

ОТЛИЧИЯ ПОХОДКИ ЗДОРОВОГО ИСПЫТУЕМОГО И ПАЦИЕНТА С АРТРОЗОМ

Е.А. Лазутина

Научные руководители: к.м.н., доцент А.А. Чекушин, к.т.н. А.В. Алпатов
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

Оценка изменчивости походки является важным аспектом в различных областях, таких как медицина, спорт и реабилитация. Походка – это сложный биомеханический процесс, который может предоставить ценную информацию о здоровье человека. Видеозапись и машинное обучение предлагают более доступные и эффективные решения для анализа походки.

Ключевые слова: анализ походки, машинное обучение, остеоартрит.

DIFFERENCES IN THE GAIT OF A HEALTHY SUBJECT AND A PATIENT WITH OSTEOARTHRITIS

E.A. Lazutina

Scientific supervisors: Ph.D. of Medical Sciences, Docent A.A. Chekushin,
Ph.D. of Engineering Sciences A.V. Alpatov
Ryazan State Medical University, Ryazan

Assessment of gait variability is an important aspect in various fields such as medicine, sports, and rehabilitation. Gait is a complex biomechanical process that can provide valuable

information about person's health. Video recording and machine learning offer more accessible and effective gait analysis solutions.

Keywords: gait analysis, machine learning, osteoarthritis.

Оценка вариабельности походки является важным аспектом в различных областях, таких как медицина, спорт и реабилитация. Походка – это сложный биомеханический процесс, который может предоставить ценную информацию о состоянии здоровья человека. Видеорегистрация и машинное обучение предлагают более доступные и эффективные решения для анализа походки [1-3].

Проанализирована с помощью программы для видеоанализа походка 2 испытуемых – девушки 22 лет без заболеваний опорно-двигательного аппарата (скорость ходьбы 3 км/ч) и пациентки 61 года с остеоартритом коленного сустава, болевым синдромом в области коленных суставов (справа 6 баллов, слева 4 балла по ВАШ), умеренной контрактурой. Ходьба пациентки без опоры была невозможна ввиду отсутствия опыта ходьбы на беговой дорожке, пациентка использует ручки дорожки для опоры, ее ноги слегка согнуты в коленях, что может указывать на осторожность при ходьбе.

При анализе пространственно-временных параметров походки получены следующие результаты (таблица 1).

Таблица 1

Пространственно-временные параметры походки у испытуемых

Параметры		Здоровый испытуемый	Пациентка с ОА коленного сустава
Число шагов в выборке, n	Правая нижняя конечность	89	43
	Левая нижняя конечность	88	41
Максимальное время шага, с	Правая нижняя конечность	1,46	2,33
	Левая нижняя конечность	1,49	2,53
Минимальное время шага, с	Правая нижняя конечность	1,21	1,73
	Левая нижняя конечность	1,3	1,47
Среднее время шага, левая нижняя конечность, с, М±m		1,36±0,04	1,98±0,1
Среднее время шага, правая нижняя конечность, с, М±m		1,36±0,04	1,98±0,1
Угол максимального разгибания левой голени, град., М±m		170,7±1,9	156,5±5
Угол максимального сгибания левой голени, град., М±m		157,3±1,6	136,8±4,1
Угол максимального разгибания правой голени, град., М±m		167,5±0,9	154,4±3,9
Угол максимального сгибания правой голени, град., М±m		150,4±1,9	121,4±8,2
Амплитуда движений левой голени, град.		25	47,8
Амплитуда движений правой голени, град.		25,8	52,1
Асимметрия разгибания голени, град.		3,2	2,1

Параметры	Здоровый испытуемый	Пациентка с ОА коленного сустава
Асимметрия сгибания голеней, град.	6,9	15,4
Коэффициент симметрии*: средний угол разгибания голеней	1,02	1,01
Коэффициент симметрии: средний угол сгибания голеней	1,05	1,13
Коэффициент вариации**: разгибание левой голени, %	1,08	3,16
Коэффициент вариации: сгибание левой голени, %	1	2,96
Коэффициент вариации: разгибание правой голени, %	0,54	2,55
Коэффициент вариации: сгибание правой голени, %	1,29	6,77
Коэффициент синхронности времени сгибания левой и правой голени, с***	24,2	56,8
Коэффициент корреляции углов разгибания левой и правой голени	0,22	0,05

* Коэффициент симметрии – отношение параметров левой и правой нижней конечности. Значение, близкое к 1, указывает на симметрию.

** Коэффициент вариации – отношение стандартного отклонения σ к среднему μ выборки.

*** Коэффициент синхронности рассчитывается как средняя разница во времени между соответствующими шагами левой и правой нижней конечности. Чем меньше значение коэффициента синхронности, тем более синхронно совершаются шаги.

Амплитуда движений в коленных суставах при ходьбе по дорожке у здорового испытуемого была меньше (13,4 для левой и 17,1 град. для правой нижней конечности против 19,7 и 33 град. соответственно для пациентки с ОА), однако эти значения были ближе к разгибанию, что может указывать на компенсаторное сгибание в коленных суставах у пациентки с ОА вследствие неуверенности ходьбы, либо болевого синдрома. Асимметрия в разгибании (3,19 град.) и сгибании (6,89 град.) голеней была незначительна для здоровой испытуемой и заметно отличалась для пациентки с ОА (2,1 и 15,4 град. соответственно). Эта тенденция верна и при сравнении коэффициентов асимметрии, который был заметно выше нормы для сгибания голеней у пациентки с ОА (1,13) и практически не отличался для здоровой испытуемой (1,02 для разгибания и 1,05 для сгибания голеней).

Заключение. Необходимо углубиться в исследование углов сгибания в суставах нижних конечностей относительно событий походки, рассматривая их взаимосвязь, чтобы получить более точные и полезные результаты.

Список литературы:

1. Wren T.A.L., Tucker C.A., Rethlefsen S.A., et al. Clinical efficacy of instrumented gait analysis: systematic review 2020 update // *Gait & Posture*. – 2020. – Vol. 80. – P. 274–279. – DOI: 10.1016/j.gaitpost.2020.05.031.

2. Bao T., Gao J., Wang J., et al. A global bibliometric and visualized analysis of gait analysis and artificial intelligence research from 1992 to 2022 // *Frontiers in Robotics and AI*. – 2023. – Vol. 10. – P. 1265543. – DOI: 10.3389/frobt.2023.1265543.

3. Третьякова В.Д. Ходьба и бег в контексте их влияния на здоровье мозга и когнитивные функции // *Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие*. – 2023. – Т. 11, № 3(42). – С. 277–296. – URL: <http://humjournal.rzgmu.ru/art&id=578>. – DOI: 10.23888/humJ2023113277-296.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТОМАТОЛОГИИ: ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТОВ РОТОВОЙ ПОЛОСТИ

А.М. Шатский, И.А. Абакумов

Научный руководители: к.м.н., доцент О.С. Гуйтер, к.м.н. С.И. Калиновский
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В статье представлены методы определения площади слизистой оболочки и объема дефекта верхней челюсти, с использованием анализа 3D-модели, полученной путем сканирования моделей челюсти.

Ключевые слова: измерение, аддитивные технологии.

ADDITIVE TECHNOLOGIES IN DENTISTRY: MEASUREMENT OF GEOMETRIC PARAMETERS OF ORAL CAVITY DEFECTS

A.M. Shatskii, I.A. Abakumov

Scientific supervisors: Ph.D. of Medical Sciences, Docent O.C. Guiter,
Ph.D. of Medical Sciences S.I. Kalinovsky
Ryazan State Medical University, Ryazan

The article presents methods for determining the area of the mucous membrane and the volume of the maxillary defect using the analysis of a 3D-model obtained by scanning jaw models.

Keywords: measurement, additive technologies.

В последние годы наблюдается рост числа пациентов с обширными дефектами твердого нёба и альвеолярного отростка верхней челюсти, вызванными травмами, онкологическими заболеваниями и врожденными аномалиями. Эти пациенты требуют лечения ортопедическими съёмными протезами [5].

Для оптимального выбора конструкции и типа протеза необходимы данные о геометрических показателях дефекта, таких как площадь слизистой оболочки, которая будет контактировать с протезом и объем дефекта [4].

При поиске метода подсчета геометрических характеристик дефекта, мы пришли к выводу о неудобстве применения аналоговых методов измерения в ограниченном пространстве ротовой полости [1-3].

По этой причине мы обратили внимание на всё больше распространяющуюся в стоматологии методику 3D-сканирования моделей челюсти.

В связи с отсутствием столь специфических задач в широкой стоматологической практике, профильное программное обеспечение не обладает инструментами для вычисления объема и площади слизистой оболочки, из-за чего мы составили список программ, позволяющих выполнять нужные задачи, выработали алгоритм действий для получения искомым показателей [2].

Анализ ведущих производителей программного обеспечения в области систем автоматизированного проектирования (САПР) показал, что традиционные САД-программы, такие как КОМПАС-3D и SolidWorks, не соответствуют требованиям для решения поставленных задач [6].

Это связано со спецификой работы с отсканированными моделями:

1. Они обладают поднутрениями, в которых сканер не может считать поверхность, из-за этого образуются пустоты на поверхности модели. Поэтому у модели с такими дефектами невозможно подсчитать площадь и объем.
2. Полученные 3D-модели имеют большое количество полигонов, а стандартные САД-программы не имеют необходимых инструментов по работе с ними.

Таким образом, для решения этой задачи мы применяли программы для создания трехмерной компьютерной графики: Blender и Unreal engine.

Для решения поставленной задачи подходят обе программы, однако Unreal engine обладает гораздо более высокими системными требованиями, а также избыточным для наших задач функционалом.

Непосредственное вычисление искомым геометрических показателей осуществляется в несколько этапов:

1. Сопоставление и объединение частей отсканированной модели (при раздельном сканировании).
2. Выделение поверхности дефекта и отделение от основной модели.
3. Закрывание неотсканированных участков и поднутрений.
4. Закрывание входного отверстия дефекта и проведение плоскости, отграничивающей анализируемую область дефекта от остального дефекта (т. к. протез обтурирует дефект не на всю глубину поражения, в анализе участвует область дефекта, соответствующая характеристикам предполагаемого протеза).
5. Вычисление объема и площади поверхности дефекта, при помощи встроенных в программное обеспечение инструментов.
6. Вычисление площадей поверхности плоскости, которая закрывает входное отверстие, и плоскости, которая отграничивает анализируемую область.
7. Вычитание полученного результата из общей площади поверхности дефекта. Полученный результат является площадью слизистой оболочки, которая будет соприкасаться с протезом.

В заключение можно отметить, что современные цифровые технологии значительно упрощают процесс подбора конструкций и создание прецизионных ортопедических конструкций, что в свою очередь способствует повышению качества жизни пациентов с приобретенными дефектами верхней челюсти.

Список литературы:

1. Нуриева Н.С. Определение площади поражения слизистой оболочки полости рта при химиолучевой терапии / Н.С. Нуриева // Естественные и технические науки. – 2011. – № 2(52). – С. 170–173.
2. Савченко Ю.П. Методы определения размеров раневой поверхности / Ю.П. Савченко, С.Р. Федосов // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2007. – Т. 166, № 1. – С. 102–105.
3. Клинико-морфологическая оценка восстановления иннервации после устранения дефектов у больных раком полости рта функциональными аутотрансплантатами / А.А. Закирова, И.В. Решетов, А.Л. Истранов, С.И. Самойлова, Н.С. Сукорцева, М.И. Диденко // Вопросы онкологии. – 2023. – Т. 69, № 3. – С. 470–477.
4. Сложный челюстной obtурирующий протез с цельнолитым металлическим кобальтохромовым базисом и сферической вогнутой obtурирующей частью / О.С. Гуйтер, Д.А. Куликова, К.П. Инжуватова. Патент на изобретение RU 2788895 С1, 25.01.2023. Заявка № 2022107983 от 25.03.2022.
5. Варламов А.В. Устойчивость базового искажения ментальной репрезентации тела человека после серий погружений в виртуальную реальность // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2024. – Т. 12, № 2(45). – С. 127–140. – URL: <http://humjournal.rzgmu.ru/art&id=601>. – DOI: 10.23888/humJ2024122127-140.
6. Адаптивный метод ортопедического лечения больных с обширными приобретенными дефектами верхней челюсти / О.С. Гуйтер, Е.В. Кочурова. – Москва, 2023.

**СРАВНЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕЕСТРА
ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ И СПРАВОЧНИКА
ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ «ВИДАЛЬ»**

А.К. Товстыко, М.К. Товстыко

Научный руководитель: к.п.н., доцент М.А. Шмонова
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

Статья посвящена Государственному реестру лекарственных средств (ГРЛС) и коммерческому справочнику «Видаль» как одним из основных источников информации о зарегистрированных в настоящее время лекарственных препаратах.

Ключевые слова: лекарственные средства, Государственный реестр, интерфейс.

**COMPARISON OF THE STATE REGISTER OF MEDICINES
AND THE DIRECTORY OF MEDICINES “VIDAL”**

A.K. Tovstyko, M.K. Tovstyko

Scientific supervisor: Ph.D. of Pedagogic Sciences, Docent M.A. Shmonova
Ryazan State Medical University, Ryazan

The article is devoted to the State Register of Medicines (GRLS) and the commercial reference book “Vidal” as one of the main sources of information on currently registered medicines.

Keywords: medicines, state register, interface.

Актуальность темы обусловлена возможностью обеспечения удобства провизоров и фармацевтов в выборе лекарственных средств, необходимых потребителю.

Цель исследования: проведение сравнительного анализа ГРЛС и справочника лекарственных средств «Видаль» в интересах отечественного потребителя.

Задачи исследования: проанализировать содержание реестров; выявить достоинства и недостатки каждого из них.

Основное внимание уделяется сравнительному анализу этих ресурсов, их значимости для врачей и пациентов, а также факторам, которые стоит учитывать при выборе источника информации.

ГРЛС и справочник «Видаль» несмотря на некоторую общность, предназначены для разных целей. Если первый является официальным источником инструкций к лекарственным средствам, то последний больше ориентирован на врачей.

Система поиска в ГРЛС имеет сложную и многоуровневую структуру, в то время как «Видаль» предлагает более простую поисковую систему, оформленную в виде меню с выпадающими списками.

В рассматриваемых реестрах лекарственных средств предусмотрены возможности поиска по заданным критериям. Поиск возможен по торговому наименованию, международному непатентованному наименованию, номеру регистрационного удостоверения, лекарственной форме препарата. Сортировка возможна по держателю регистрационного удостоверения, производителю, разработчику, торговому наименованию, показанию к применению и другим критериям.

«Видаль», как коммерческий продукт, предлагает удобный интерфейс, содержит достаточно много информации, в нем можно проводить поиск по различным параметрам. ГРЛС предоставляет достоверные данные о зарегистрированных препаратах, однако его структура может показаться громоздкой и менее информативной для обычного пользователя. Особенностью интерфейса данного реестра является то, что в разделе «Инструкция по применению лекарственного препарата» содержится листок-вкладыш для пациента, информирующий о рациональном приеме конкретного лекарственного средства. Более того, в ГРЛС указана нормативная документация на лекарственный препарат, а также сведения о стадиях производства лекарственного средства, в «Видаль» же данная информация отсутствует. Вместе с тем, «Видаль» предоставляет особые отметки в виде определенных символов, указывающих на противопоказания к препарату и его условия хранения, а также обозначение о том, что препарат отпускается по рецепту. В ГРЛС так же присутствуют эти ремарки, в том числе и в инструкции по применению, однако в «Видаль» это представлено более наглядно и доступно.

Таким образом, использование ГРЛС в качестве информационного источника позволяет медицинскому работнику наиболее полно и эффективно осуществить подбор лекарственного препарата в конкретной ситуации; Справочник лекарственных средств «Видаль» в данном случае рекомендован в меньшей степени, так как не в полной мере способствует адекватному выбору и

назначению лекарственной терапии. При этом, «Видаль» является хорошим подспорьем и дополнением к ГРЛС.

Список литературы:

1. Григорьева И.В., Дмитриева М.Н., Маркова И.С., Огнева Н.И. Выявление сезонности реализации муколитических средств методами непараметрической статистики // Наука молодых (Eguditio Juvenium). – 2016. – № 4. – С. 107–116.
2. Селиванова П.Р., Ким А.В., Шмонова М.А. Искусственный интеллект в фармации и медицине // В книге: «Цифровое будущее современной медицины». Сборник докладов I Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием. – Рязань, 2024. – С. 144–147.
3. Авачева Т.Г., Ельцов А.В., Кривушин А.А. Физика: лабораторный практикум по дисциплине «Физика, математика» для обучающихся по специальности Лечебное дело / Наука молодых (Eguditio Juvenium). – 2019. – № 1. – С. 176.
4. Кузнецов В.Г., Дорошина Н.В., Дмитриева М.Н. Жизнь, отданная делу (памяти М.П. Булаева) // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2016. – № 1(12). – С. 78–90.
5. Ростова Н.Б., Солонина А.В. О проблемах обеспечения специалистов здравоохранения профессиональной информацией о лекарственных средствах // Проблемы стандартизации в здравоохранении. – 2008. – № 9.
6. Оськин Д.Н., Ларина М.О., Строилова Н.В., Варнавский А.Н. Тестирование Telegram-бота, предназначенного для оценки субъективного благополучия и качества жизни граждан, включенных в систему долговременного ухода // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2024. – Т. 12, № 3(46). – С. 239–252. – URL: <http://humjournal.rzgm.ru/art&id=612>. – DOI: 10.23888/humJ2024123239-252.

ЦИФРОВОЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ И НАХОЖДЕНИЮ ШАРНИРНОЙ ОСИ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА

О.Г. Миколаевская, Д.С. Илюхина, С.И. Калиновский
ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань

В статье представлено сравнение цифрового и аналогового подхода к анализу и нахождению шарнирной оси височно-нижнечелюстного сустава. В рамках данной среды могут быть размещены теоретические материалы, помогающие определиться врачам стоматологам-ортопедам с подходом нахождения и анализа шарнирной оси ВНЧС.

Ключевые слова: шарнирная ось, височно-нижнечелюстной сустав, цифровой подход, аналоговый подход.

A DIGITAL APPROACH TO ANALYZING AND FINDING THE HINGE AXIS OF THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT

O.G. Mikolaevskaya, D.S. Ilyukhina, S.I. Kalinovsky
Ryazan State Medical University, Ryazan

The article presents a comparison of digital and analog approaches to the analysis and finding of the hinge axis of the temporomandibular joint. Within the framework of this environment, theoretical materials can be placed to help orthopedic dentists determine the approach to finding and analyzing the hinge axis of the TMJ.

Keywords: articular axis, temporomandibular joint, digital approach, analog approach.

Актуальность. В ортопедической стоматологии применение цифровых методов обеспечивают точность и эффективность в определении шарнирной оси височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). Значимость данного подхода заключается в том, что основным показанием для проведения обследования является дисфункция [6] ВНЧС, число [5] случаев которой с каждым годом растет [1]. Обследование также требуется в следующих ситуациях: для планирования лечебных [4] процедур, направленных на восстановление нормальной работы ВНЧС; при проведении хирургических операций в области челюстно-лицевой хирургии; на этапе подготовки к протезированию; для выполнения аксиографии челюсти с целью планирования ортодонтического [8] лечения с использованием брекет-систем, пластинок, ретейнеров и других аппаратов; для динамического наблюдения за процессами лечения дисфункции ВНЧС и ортодонтической терапии.

Цель. Провести сравнительную оценку аналоговой и цифровой методики проведения комплексной диагностики пациентов страдающих дисфункцией ВНЧС.

Задачи. Проанализировать литературные источники на предмет оценки степени интеграции цифровых протоколов в практику лечения пациентов дисфункцией ВНЧС. Провести сравнительную оценку временных затрат, экономической эффективности и результатов аналогового и цифрового протокола диагностики ВНЧС на примере реального клинического случая.

Материалы исследования. Литературный анализ на данную тему с использованием базы данных PubMed, а также программного продукта Mendeley (Elsevier); Клинические данные обследования пациентов конусно-лучевой компьютерной томографии, цифровые отпечатки челюстей.

Методы. Работа с ESTL визуализацией данных КЛКТ пациента. Использование результатов КЛКТ пациента, артикуляционной системы AmmanGirbach (Artex CR), работа с КДМ. Цифровой подход: интраоральное сканирование, программный пакет Exocad Elefsina 3.2., программный пакет Gamma Dental Software.

Результаты и их обсуждение. Анализ литературных источников показал, что в настоящий момент в международной стоматологической практике порядка 80% врачей и исследователей придерживаются концепции цифровой диагностики пациентов с дисфункцией ВНЧС, однако в ходе последующего лечения значительное число этапов оказания стоматологической ортопедической помощи реализуются с использованием аналоговых технологий производства зубных протезов. На наш взгляд, это связано со значительными требованиями к прецизионности изготовления современных зубных протезов опирающихся как на зубы, так и дентальные имплантаты.

Сравнительная оценка аналогового и цифрового метода комплексной диагностики пациента страдающего дисфункцией ВНЧС показала:

Показатели	Аналоговый протокол	Цифровой протокол
Общие временные затраты	90 минут – суммарное время проведения манипуляций в клинике, 260 часов общее время проведения диагностики	40 минут - суммарное время проведения манипуляций в клинике, 160 минут общее время проведения диагностики
Число посещений	4	2
Число и вид исследований	КТ, МРТ, оттиски, регистрация положения челюсти.	КТ, МРТ, цифровые оттиски, регистрация положения челюсти.
Экономические затраты	Амортизация оборудования	Амортизация оборудования

Выводы. Цифровой [7] протокол [2] имеет значительные преимущества над аналоговым, но экономические затраты на аналоговый метод будут значительно ниже, чем на цифровой. В аналоговом методе требуется лишь артикуляционная [3] система, тогда как для цифрового необходимо использовать программное обеспечение различных компаний [9] и интраоральный [10] сканер. Тем не менее, цифровой протокол требует меньше времени в 97,5 раз на выполнение, а количество посещений пациента сокращается в два раза. Необходимое число диагностических исследований остается одинаковым для обоих методов.

Список литературы:

1. Slavicek R. The masticatory organ. Gamma Medical-Scientific Education. – Inc. 2002. – P. 138–200.
2. Розенштиль Стефан Ф. Ортопедическое лечение несъемными протезами / С.Ф. Розенштиль, М.Ф. Лэнд, Ю. Фуджимото ; под общ. ред. И.Ю. Лебеденко ; пер. с англ. [Н.В. Каневская, Т.В. Лихачевская]. – Москва : Рид Элсивер : МЕДпресс-информ, 2010. – С. 47-79.
3. Systematic Assessment of the Various Controversies, Difficulties, and Current Trends in the Reestablishment of Lost Occlusal Planes in Edentulous Patients / S. Sahoo [et al] // Annals of Medical and Health Sciences Research. – 2014. – Vol. 4, N 3. – P. 313–319.
4. Леонтьев В.К., Шестаков В.Т., Воронин В.Ф. Оценка основных направлений развития стоматологии. Медицинская книга. – 2007. – 280 с.
5. Мансур Ю.П., Щербаков Л.Н., Ягупова В.Т., Юхнов И.Н., Райнедов А.Ю. Частота встречаемости заболеваний височно-нижнечелюстного сустава среди взрослых ортодонтических пациентов // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2022. – № 6. – С. 34-38. – DOI: <https://doi.org/10.17513/srms.1299>.
6. Возможности диагностики и комплексного лечения пациентов с дисфункциями височно-нижнечелюстного сустава / М.А. Постников, А.М. Нестеров, Д.А. Трунин [и др.] // Клиническая стоматология. – 2020. – № 1(93). – С. 60–63. – DOI: 10.37988/1811-153X_2020_1_60.
7. Диагностика и лечение заболеваний височно-нижнечелюстного сустава : учебное пособие / С.Ю. Иванов, В.В. Бекреев [и др.]. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 112 с. – ISBN 978-5-9704-6267-6.
8. Дисфункции височно-нижнечелюстных суставов в ортодонтии. Клиническое руководство / [Рамеш Баласубраманиам, Чарльз С. Грин, Честер С. Гендельман и др.] – Москва: ТАРКОММ, 2021. – 144 с.
9. Оськин Д.Н., Ларина М.О., Строилова Н.В., Варнавский А.Н. Тестирование Telegram-бота, предназначенного для оценки субъективного благополучия и качества

жизни граждан, включенных в систему долговременного ухода // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2024. – Т. 12, № 3(46). – С. 239–252. – URL: <http://humjournal.rzgmu.ru/art&id=612>. – DOI: 10.23888/humJ2024123239-252.

10. Дорогин В.Е. Междисциплинарный подход к диагностике, лечению и реабилитации пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава / В.Е. Дорогин. – Текст : электронный // Современные проблемы науки и образования : сетевое издание. – 2017. – № 4. – URL: <https://scienceeducation.ru/ru/article/view?id=26546> (дата публикации: 05.07.2017).

ОЦЕНКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ С УЧЕТОМ СОВРЕМЕННЫХ ТРЕНДОВ ЦИФРОВИЗАЦИИ И КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ

С.В. Крошили́н^{1,2}, И.С. Крошили́н³
ИСЭПН ФНИСЦ РАН, г. Москва (1)
НИИОЗММ ДЗМ, г. Москва (2)
ФГБОУ ВО РГРТУ им. В.Ф. Уткина, г. Рязань (3)

В современной медицине наблюдается устойчивый тренд на цифровизацию, переоснащение (внедрение инновационного диагностического оборудования) и компьютеризацию. Внедрение медицинских информационных систем регионального и федерального масштаба заставляет менять форматы оказания медицинской помощи. Это требует от медицинских работников новых знаний и компетенций, в том числе в области ИТ. Все это приводит к необходимости обучения и переподготовки медиков, а также применение новых подходов к оценке интеллектуального капитала медицинских организаций.

Ключевые слова: цифровизация медицины, информационные технологии, медицинские кадры, эффективность здравоохранения, оценка интеллектуального капитала.

ASSESSMENT OF THE INTELLECTUAL CAPITAL OF A MEDICAL ORGANIZATION, TAKING INTO ACCOUNT CURRENT TRENDS IN DIGITALIZATION AND COMPUTERIZATION

S.V. Kroshilin^{1,2}, I.S. Kroshilin³
Institute of Socio-Economic Studies of Population of the FCTAS RAS, Moscow (1)
Research Institute for Healthcare Organization and Medical Management of Moscow
Healthcare Department, Moscow (2)
Ryazan State Radio Engineering University, Ryazan (3)

In modern medicine, there is a steady trend towards digitalization, retrofitting (the introduction of innovative diagnostic equipment) and computerization. The introduction of regional and federal medical information systems forces changes in the formats of medical care. This requires new knowledge and competencies from medical professionals, including in the field of IT. All this leads to the need for training and retraining of doctors, as well as the application of new approaches to assessing the intellectual capital of medical organizations.

Keywords: digitalization of medicine, information technology, medical personnel, healthcare efficiency, intellectual capital assessment.

Высокотехнологичные отрасли и интеллектуальные сферы деятельности (к которым относится и медицина) сегодня претерпевают значительные трансформации, которые связаны как с новыми достижениями в науке, так и с

повсеместным распространением и использованием информационно-коммуникационных технологий. ИТ сегодня активно внедряются в деятельность медицинских организаций (МО). Идет активное переоснащение всех уровней оказания медицинской помощи [1, 2]. Цифровизация медицинской информации, изменение принципов работы диагностического оборудования (вся информация преобразуется в цифровой формат), а также распространение медицинских информационных систем регионального и федерального уровня позволяют использовать новейшие достижения в области ИТ для реализации медицинских услуг. Применение искусственного интеллекта (ИИ), разговорных чат-ботов, электронной записи и сопровождения пациентов, роботизированных систем, удаленного мониторинга за пациентами, различных телемедицинских технологий стало «нормой» для оказания медицинской помощи [2, 3]. Более того, в московском здравоохранении это вошло в «новый стандарт московских поликлиник» и теперь используется во всех МО г. Москвы.

Тренды распространения, использования ИТ и инновационных решений (в т. ч. с использованием ИИ) в медицине сказываются на требованиях к подготовке и переподготовке современных медицинских работников [4, 5]. Они все в большей степени должны обладать необходимыми компетенциями в области ИТ: уметь пользоваться и представлять принцип действия современного диагностического оборудования, эффективно и «быстро» работать в медицинских информационных системах, а самое главное быть готовыми к постоянному повышению уровня своих знаний, реализовать принципы непрерывного медицинского образования [4, 5] на основе концепции системы обучения LLL (LongLife Learning) Это означает, что обучение должно быть реализовано в течение всей жизни в формальных образовательных учреждениях и за их пределами. К уровню подготовки и интеллектуальным способностям современного медика предъявляются всё более высокие требования [6, 7]. Именно поэтому сегодня существует объективная необходимость создания и развития методик оценки интеллектуального потенциала, как самого индивида, так и МО в целом [2, 5].

Предлагаемый авторский подход для решения обозначенной задачи включает в себя методику оценки показателей интеллектуального потенциала МО, который в своей основе содержит алгоритм для метрического анализа интегрального показателя. Сложность такой оценки заключается в том, что должны быть использованы как количественные, так и качественные показатели. Причем расчет «*Интеллектуального капитала организации*» включает в себя достаточно большое количество составляющих. Достаточно сложно оценивать совокупность научных и профессиональных знаний медиков, интеллектуальную собственность МО, имеющийся опыт, информационные ресурсы, базы знаний и GoodWill (англ. «доброе имя» – имидж) организации [1].

Интеллектуальный капитал на уровне организации – это, прежде всего, возможность (способность) достижения обозначенных стратегических целей на основе формирования и реализации системы знаний, которые способны обеспечить высокоэффективную деятельность МО. «Интеллектуальный

капитал – это не просто умственные способности работников, это, прежде всего, результат, хорошие решения и технологические достижения. Это система капитальных устойчивых интеллектуальных преимуществ организации, которые позволяют быть ей более эффективной и конкурентоспособной в своей сфере деятельности» [2].

Проведенная систематизация имеющихся подходов и методик к оценке интеллектуального потенциала медицинских организаций, в том числе с выявленными лучшими зарубежными практиками, позволила выстроить/получить алгоритм оценки уровня интеллектуального потенциала МО (далее ИПМО). Для его разработки использовался принцип (технология) нисходящего проектирования, которая изначально базируется на укрупненной схеме, а далее на решении отдельных подзадач, а также подпрограмм проведения качественных и количественных расчетов исследуемых показателей (детализирующие обозначенную методику).

В результате выполнения всех этапов расчета рассчитывается интегральный показатель ИПМО для конкретной МО. При этом учитываются 8 основных составляющих (выделенных авторами): интеллектуальный и человеческий капитал, инфраструктурный капитал и имидж МО, информационный и инновационный капиталы, научный капитал МО, нематериальные активы и интеллектуальная собственность. Основная часть этих данных аккумулируется из Формы федерального статистического наблюдения № 30 «Сведения о медицинской организации». Остальные параметры формируются на основе экспертных оценок с применением методов шкалирования и ранжирования для представления качественных данных в количественном виде для возможности осуществления расчетов и сопоставления полученных результатов.

Полученный интегральный индекс оценки уровня ИПМО позволяет применять пятибалльную шкалу (типа светофор), где «5» – «очень высокий», «4» – «высокий», «3» – «средний», «2» – «низкий», «1» – «очень низкий» [1, 2]. В итоге у МО есть возможность мониторинга своего показателя уровня ИПМО, а у системы административного управления инструмент для метрической оценки для сравнения достигнутого уровня знаний и интеллектуального потенциала медицинских работников. Это позволяет оценивать потенциал использования/внедрения инновационных решений и информационных технологий на уровне каждой МО и в совокупности во всей системе.

Список литературы:

1. «Скрытые» возможности развития медицинских организаций: как оценить и измерить интеллектуальный потенциал / С.В. Крошилин, Е.И. Медведева, Т.Г. Авачева, О.В. Медведева // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2024. – № 5. – С. 761–781. – DOI: 10.24412/2312-2935-2024-5-761-781.
2. Интеллектуальный потенциал медицинских организаций: комплексный подход к оценке / С.В. Крошилин // Экономика и управление. – 2024. – Т. 30, № 8. – С. 1013–1024. – DOI: 10.35854/1998-1627-2024-8-1013-1024.
3. Ванькина И.Н. Возможности нейронных сетей для решения задач импортозамещения для отечественных предприятий / И.Н. Ванькина, С.В. Крошилин,

И.С. Крошилин // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2023. – № 11(157). – С. 67–76. – DOI: 10.26726/1812-7096-2023-11-67-76.

4. Необходимость развития информационных компетенций при подготовке студентов в медицинских вузах / Е.И. Медведева, С.В. Крошилин, Т.Г. Авачева // Медицинское образование и профессиональное развитие. – 2023. – Т. 14, № 1(49). – С. 66–78. – DOI: 10.33029/2220-8453-2023-14-1-66-78.

5. Оценка интеллектуального потенциала медицинских организаций: тренд на развитие и инновационную модернизацию / Е.И. Медведева, С.В. Крошилин, Т.Г. Авачева, О.В. Медведева // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2023. – № 4. – С. 915–935. – DOI: 10.24412/2312-2935-2023-4-915-935.

6. Кузнецов З.Ю. Использование искусственного интеллекта в профессиональной языковой подготовке студентов медицинского вуза // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2024. – Т. 12, № 1(44). – С. 34–45. – URL: <http://humjournal.rzgm.ru/art&id=591>. – DOI: 10.23888/humJ202412134-45.

7. Дементьев А.А., Цурган А.М., Жолудова А.Н., Полякова О.В., Соловьев Д.А. Пути оптимизации учебного процесса в медицинском вузе // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2024. – Т. 12, № 2(45). – С. 94–106. – URL: <http://humjournal.rzgm.ru/art&id=598>. – DOI: 10.23888/humJ202412294-106.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ НА ОСНОВАНИИ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСТОРАКАЛЬНОЙ ЭХОКАРДИОГРАФИИ, АНАЛИЗИРУЕМЫХ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ

С.Н. Котляров¹, А.В. Любавин²

ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань (1)

ГУЗ «Липецкая городская больница № 4 «Липецк-Мед», г. Липецк (2)

В исследовании представлены возможности раннего выявления пациентов с высоким риском развития фибрилляции предсердий на основании анализа нейронной сетью некоторых показателей трансторакальной эхокардиографии.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, нейронные сети, трансторакальная эхокардиография.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF PREDICTING THE DEVELOPMENT OF ATRIAL FIBRILLATION BASED ON SOME INDICATORS OF THORACIC ECHOCARDIOGRAPHY, ANALYZED BY NEURAL NETWORK

S.N. Kotlyarov¹, A.V. Lyubavin²

Ryazan State Medical University, Ryazan (1)

Lipetsk City Hospital No. 4 “Lipetsk-Med”, Lipetsk (2)

The study presents possibilities of early detection of patients with high risk of development of atrial fibrillation based on the analysis of neural network of some indicators of transthoracic echocardiography.

Keywords: atrial fibrillation, neural networks, transthoracic echocardiography.

Введение. Процессы ремоделирования миокарда, приводящие к дилатации камер сердца, нарушению систолической и диастолической функции

миокарда, дисфункции клапанного аппарата, способствуют развитию и поддержанию ФП [1]. Эхокардиография является доступным и легко воспроизводимым методом обследования пациентов с патологией сердечно-сосудистой системы. Ряд структурных и функциональных изменений сердца, возникающих в процессе ремоделирования миокарда, может быть выявлен при помощи ТТЭ [2, 3].

Цель исследования. Оценить эффективность прогнозирования развития фибрилляции предсердий (ФП) на основании некоторых показателей трансторакальной эхокардиографии (ТТЭ), анализируемых нейронной сетью (НС), в проспективном исследовании.

Материал и методы. В исследование включены данные электронных медицинских карт 256 пациентов, проходивших лечение в кардиологическом отделении городской больницы № 4 г. Липецка в 2022–2023 гг. Показатели ТТЭ были обработаны нейронной сетью «Предсказание фибрилляции предсердий по данным трансторакальной эхокардиографии» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023662423 от 07.06.2023 г) [4], в результате чего участники исследования были разделены на 3 группы в зависимости от прогноза НС о вероятности сохранения синусового ритма. Медиана наблюдения составила 16 (14-21) месяцев.

Результаты. В 1-й группе – с низкой, по предсказанию НС, вероятности удержания синусового ритма ФП развилась у 16% участников, во 2-й группе – промежуточной вероятности удержания синусового ритма ФП развилась у 2,16% участников, в 3-й группе с высокой вероятностью удержания синусового ритма случаев развития ФП за время наблюдения не зарегистрировано ($p^{1,2} < 0,001$, $p^{2,3} = 1,0$, $p^{1,3} = 0,047$). Летальность от сердечно-сосудистой патологии в группах составила 31,25%, 3,78% и 0% соответственно ($p^{1,2} < 0,001$, $p^{2,3} = 1,0$, $p^{1,3} = 0,002$).

Заключение. Дилатация камер сердца, состояние систолической функции левого желудочка и выраженность клапанной регургитации ассоциированы с повышенным риском развития фибрилляции предсердий и летального исхода. Обработка параметров трансторакальной эхокардиографии при помощи нейронной сети может стать эффективным инструментом прогнозирования может помочь в раннем выявлении пациентов с повышенным риском развития ФП.

Список литературы:

1. Mackstaller L.L., Alpert J.S. Atrial fibrillation: a review of mechanism, etiology, and therapy // Clin Cardiol. – 1997. – 20(7). – P. 640–650. – DOI: 10.1002/clc.4960200711. – PMID: 9220181; PMCID: PMC6655460.
2. De Vos C.B., Weijts B., Crijns H.J., Cheriex E.C., Palmans A., Habets J., Prins M.H., Pisters R., Nieuwlaat R., Tieleman R.G. Atrial tissue Doppler imaging for prediction of new-onset atrial fibrillation // Heart. – 2009. – 95(10). – P. 835–840. – DOI: 10.1136/hrt.2008.148528. Epub 2008 Dec 15. – PMID: 19074923.
3. Бузина Т.С., Абдуллаева А.С. Индивидуально-психологические особенности больных, страдающих гипертонической болезнью: обзор литературы // Личность в

меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. – 2024. – Т. 12, № 4(47). – С. 355–364. – URL: <http://humjournal.rzgmu.ru/art&id=622>. – DOI: 10.23888/humJ2024124355-364.

4. Котляров С.Н., Любавин А.В. Прогнозирование фибрилляции предсердий по основным показателям трансторакальной эхокардиографии при помощи нейронной сети // Креативная кардиология. – 2023. – 17(4). – Р. 481–490. – DOI: 10.24022/1997-3187-2023-17-4-481-490.

Содержание

Создание системы поддержки врачебных решений для оценки риска туберкулеза у пациентов с ХОБЛ <i>С.Н. Котляров, Д.Н. Оськин, Е.В. Алмазова</i>	3
Функциональное состояние и образовательная среда <i>Е.В. Моос, Е.Н. Моос</i>	6
Бинарные занятия как способ формирования метапредметных умений <i>Т.С. Валова, О.А. Валов</i>	8
Перспективы применения микрофлюидных систем в биомедицине и биотехнологии <i>М.С. Денисова, Л.А. Иванова</i>	11
Технические и функциональные особенности ультразвуковых систем, применяемых в экстракорпоральном оплодотворении <i>И.М. Белорусов, А.П. Пустовалов, М.В. Потапова</i>	15
О физических основах компьютерной томографии <i>В.Д. Мызникова</i>	17
Основные трудности, с которыми сталкиваются студенты и преподаватели при преподавании физики в рамках кредитно-модульной системы, и пути их преодоления <i>С.З. Джуракулов</i>	22
Диагностические и терапевтические возможности синхротронного излучения <i>А.И. Иванов, О.А. Милованова</i>	25
ДНК как хранилище двоичной информации: технология будущего <i>М.В. Поджеляс, С.В. Жигалов</i>	29
Применение современных методов анализа данных и возможностей искусственного интеллекта в системе социально-гигиенического мониторинга <i>Е.Н. Хлебникова</i>	33
Разработка и интеграция научного и медицинского программного обеспечения в Башкирском государственном медицинском университете <i>Р.З. Габбасов</i>	36
Технологические основы создания цифрового двойника пациента в педиатрии <i>Е.В. Чистосердов</i>	38
О негативных аспектах использования нейросетей студентами в научно-исследовательской деятельности <i>Д.В. Судаков, О.В. Судаков, Г.В. Сыч, Н.О. Михайлов</i>	40
Риски повсеместного внедрения технологий ИИ в медицинских организациях <i>Е.И. Медведева, И.С. Крошилин</i>	43
Лазеры в современной стоматологии <i>Я.Д. Казакевич</i>	47
Мезиальный прикус: современные стоматологические методы лечения, подходы и рекомендации <i>Е.Р. Ермакова, А.П. Авачев</i>	50
Этические аспекты применения цифровых технологий в медицине <i>В.П. Фасоля</i>	52

Инновационные технологии, используемые в ранней диагностике кариеса <i>В.В. Рудь-Панарин</i>	55
<i>Daphnia Magna</i> St. как тест-объект для изучения воздействия бисфенола А <i>Ю.А. Поминчук, О.В. Баковецкая, С.С. Балашова, Е.А. Трушкина, И.В. Ионова</i>	58
Аппаратная мпМР/УЗ фьюжн, когнитивная и in-bore биопсия: сравнительный анализ выявляемости рака предстательной железы <i>С.О. Медведева</i>	60
Фолликулярная жидкость кобыл (<i>equus caballus</i>) как биологическая среда для развития ооцита in vivo / in vitro <i>В.В. Калашиников, Л.Ф. Лебедева, Е.В. Солодова, О.В. Баковецкая, А.А.Терехина</i>	63
Континуализация модели Муто при исследовании динамики конформационного возмущения в молекуле ДНК <i>М.А. Вологжин, Л.А. Краснобаева</i>	66
Взаимосвязь психоэмоционального напряжения с показателями электрической активности жевательных мышц <i>М.В. Акулина, Е.Р. Реш, Н.А. Куликова, В.А. Дьяченко</i>	69
Биомеханика жевательной окклюзии при перикороните <i>С. Лука, М.А. Марковцева</i>	71
Первичная предсказательная модель для получения высокоспецифичных поликлональных антител к нуклеиновым кислотам <i>А.А. Толстых</i>	74
О локализации энергии колебания <i>В. Войтик</i>	76
Гистологические и физические аспекты диагностики лимфедемы <i>И.Е. Матюхин, Е.Н. Малышев, Д.В. Гузаиров</i>	81
Оценка эффективных и неэффективных стратегий совладания со стрессом как фактора психического здоровья студентов <i>Ю.А. Маракишина, А.А. Павлова, В.И. Исматуллина</i>	84
Детский и подростковый алкоголизм: патофизиология, распространенность и пути профилактики <i>Е.Ю. Попова</i>	88
Бактериофаги как альтернатива антибиотикам <i>А.А. Володина, И.А. Фоменко</i>	90
Особенности атрофии верхней челюсти у пациентов с частичной вторичной адентией в разных возрастных группах <i>О.С. Гуйтер, А.В. Павлов, А.В. Ковалева</i>	93
Влияние половых гормонов на количество и активность прегнан Х рецептора, конститутивного андростанового рецептора, фарназод Х рецептора и печеночного рецептора Х in vitro <i>Е.Д. Рокунов, Ю.В. Абаленихина, А.А. Сеидкулиева, А.В. Щулькин, А.А. Слепнев, Е.Н. Якушева</i>	96
Применение метабиотиков в продуктах питания животного происхождения <i>Я.А. Салтыков</i>	98

Антиоксидантное питание в космосе как средство биохимической защиты организма <i>В.В. Крутова</i>	100
Взаимодействие микробиоты конъюнктивы глаза и кожи рук <i>Г.М. Майоров, С.И. Филоненко</i>	103
Компьютерное моделирование физиотерапевтических токов в биологических тканях на основе схемы Фрике-Морзе с применением анализа Фурье <i>В.И. Белкин, И.В. Игнатов, В.А. Лауб, Д.В. Коврижных</i>	105
Гибридная визуализация на основе ПЭТ/МРТ в отечественной онкорadiологической практике <i>С.А. Прохина</i>	107
Методы и методологии управления жизненным циклом продукции <i>А.С. Бокарев, С.Л. Яблочников</i>	110
Сравнение тактик реконструкции молочной железы после мастэктомии по поводу рака молочной железы <i>Г.Н. Микаилова, А.В. Громыко</i>	112
Возможности гибридной визуализации в клиническом изучении метаболизма <i>Ю.В. Зубцова</i>	115
Оценка систем искусственного интеллекта для диагностики пневмонии на рентгенограмме грудной клетки <i>К.В. Шестакова, А.В. Житкова</i>	118
О некоторых аспектах замещения операционной системы Windows в медицинских вузах России <i>О.И. Гордеева, Д.В. Судаков, Л.В. Крестина, В.О. Судаков</i>	121
Искусственный интеллект в медицине <i>Е.А. Кириллова</i>	124
Нейросети в стоматологии <i>А.Б. Казумова</i>	126
Цифровые двойники в здравоохранении <i>Д.А. Гамзатова</i>	129
Системы поддержки принятия врачебных решений на основе цифрового моделирования сердечно-сосудистой системы <i>А.И. Ангазова</i>	132
Автоматизация процесса подбора схемы лечения с использованием математического моделирования <i>А.А. Крошила</i>	137
Отличия походки здорового испытуемого и пациента с артрозом <i>Е.А. Лазутина</i>	140
Аддитивные технологии в стоматологии: измерение геометрических параметров дефектов ротовой полости <i>А.М. Шатский, И.А. Абакумов</i>	143
Сравнение Государственного реестра лекарственных средств и справочника лекарственных средств «Видаль» <i>А.К. Товстыко, М.К. Товстыко</i>	145

Цифровой подход к анализу и нахождению шарнирной оси височно-нижнечелюстного сустава <i>О.Г. Миколаевская, Д.С. Илюхина, С.И. Калиновский</i>	147
Оценка интеллектуального капитала медицинской организации с учетом современных трендов цифровизации и компьютеризации <i>С.В. Крошилин, И.С. Крошилин</i>	150
Оценка эффективности прогнозирования развития фибрилляции предсердий на основании некоторых показателей трансторакальной эхокардиографии, анализируемых нейронной сетью <i>С.Н. Котляров, А.В. Любавин</i>	153

Научное издание

Сборник докладов
V Всероссийской конференции студентов
и молодых ученых
с международным участием

**«Естественнонаучные основы
медико-биологических знаний»**

посвященной 75-летию РязГМУ на Рязанской земле

Рязань, 29-30 апреля 2025 г.

Подписано в печать 30.06.2025. Дата выхода в свет 20.07.2025.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 9,3. Уч.-изд. л. 10,7.

Бумага ксероксная. Печать ризографическая. Тираж 26 экз.

ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России
390026, г. Рязань, ул. Высоковольтная, д. 9

Отпечатано в типографии Book Jet
390005, г. Рязань, ул. Пушкина, д. 18
Сайт: <http://bookjet.ru> e-mail: info@bookjet.ru
Тел.: +7 (4912) 466-151