

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ФИЗИОЛОГИИ
И ПАТОЛОГИИ ДЫХАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ IX МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ



**СИСТЕМНЫЙ
АНАЛИЗ В
МЕДИЦИНЕ**

22-23 октября 2015 года

Благовещенск

ББК 53/57
УДК 61:005 (001.89)
М 33

Печатается по решению организационного комитета IX международной научной конференции «Системный анализ в медицине» (САМ 2015).

Материалы IX международной научной конференции «Системный анализ в медицине» (САМ 2015) / под общ. ред. В.П.Колосова. Благовещенск, 2015. 221 с. ISBN 978-5-905864-10-0

В сборнике представлены результаты фундаментальных и прикладных исследований в области биологии, экологии, медицины, общественного здоровья и здравоохранения, выполненных с применением методов системного анализа, а также опыт создания компьютерных средств обработки физиологической и клинической информации.

Материалы печатаются в авторском изложении

ISBN 978-5-905864-10-0

© Коллектив авторов, под общей редакцией В.П. Колосова.

© Оформление: Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания, 2015.

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания
Чунцинский медицинский университет (Китай)
Национальный центр кардиологии и терапии им. акад. М.Миррахимова (Кыргызстан)
Институт автоматике и процессов управления ДВО РАН
Институт геологии и природопользования ДВО РАН
Институт прикладной математики ДВО РАН
Амурский государственный университет
Министерство здравоохранения Амурской области

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ:

Председатель:

Колосов Виктор Павлович, чл.-корр. РАН, директор Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания (Россия)

Сопредседатель:

Сооронбаев Талантбек Маратбекович – д-р мед. наук, профессор, президент Кыргызского торакального общества (Республика Кыргызстан)

Члены оргкомитета:

Чжоу Сяндун – профессор, руководитель отдела респираторной медицины 2-й госпитальной клиники Чунцинского медицинского университета (КНР);

Бушманов Александр Вениаминович – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой информационных и управляющих систем Амурского государственного университета;

Воронин Владимир Викторович – д-р техн. наук, профессор, декан факультета автоматизации и информационных технологий Тихоокеанского государственного университета;

Гузев Михаил Александрович – чл.-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор, директор Института прикладной математики ДВО РАН;

Еремин Евгений Леонидович – д-р техн. наук, профессор, профессор Амурского государственного университета;

Ермина Виктория Владимировна – канд. физ.-мат. наук, доцент, зам. декана факультета математики и информатики Амурского государственного университета;

Кику Павел Федорович – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой общественного здоровья и профилактической медицины школы биомедицины Дальневосточного федерального университета;

Кульчин Юрий Николаевич – академик РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор, директор Института автоматике и процессов управления ДВО РАН;

Перельман Юлий Михайлович – д-р мед. наук, профессор, зам. директора по научной работе Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания;

Сорокин Анатолий Петрович – чл.-корр. РАН, д-р геол.-мин. наук, председатель Амурского научного центра ДВО РАН;

Ульянычев Николай Вячеславович – канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории функциональных методов исследования дыхательной системы Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания.

СОДЕРЖАНИЕ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И КЛИНИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ

Богомолов А.В. Особенности поддержки принятия диагностических решений с помощью сетевых экспертиз	8
Кику П.Ф., Горборукова Т.В. Методические аспекты оценки распространенности эколого-зависимых заболеваний	12
Дьякович М.П., Финогенко И.А. Метод анализа иерархий в задаче системного анализа связанного со здоровьем качества жизни студенческой молодежи	15
Константинова Е.Д., Вараксин А.Н. Проблема множественности моделей в экологии человека и биологии. Методика построения леса деревьев классификации.	18
Смоляков Ю.Н., Кальченко В.В. Многокамерная модель распределения флюоресцентного препарата для исследования кровообращения головного мозга	23
Панов В.Г. О понятии аддитивности в теории комбинированного действия препаратов	27
Панов В.Г., Нагребецкая Ю.В. Алгебраическая классификация совместного действия n бинарных факторов	31
Попова Е.А., Вассерман Е.Л., Карташев Н.К. Дихотическое прослушивание речи с точки зрения статистики: гипергеометрическое распределение и случайные блуждания	35
Матюшев Т.В., Дворников М.В. Модель динамики показателей газообмена человека в условиях гипоксической гипоксии	38

СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Адаменко Л.С., Семичевская Н.П., Манаков Л.Г. Визуализация статистических данных в медицинской статистике	43
Алёхин М.Д. Результаты бесконтактного мониторинга паттерна дыхания во сне	47
Безруков Н.С., Шматок М.И. Новый способ регистрации активности ресничек мерцательного эпителия дыхательных путей	50

Донцов В.И., Крутько В.Н., Мамиконова О.А., Смирнова Т.М., Пырву В.В., Потемкина Н.С., Розенблит С.И. Алгоритмы создания компьютерных систем для информационной поддержки врачей в анти-возрастной медицине	57
Крутько В.Н., Донцов В.И., Смирнова Т.М., Розенблит С.И. Компьютерная система диагностики биологического возраста	61
Потемкина Н.С., Крутько В.Н., Донцов В.И., Мамиконова О.А. Информационные компьютерные системы оценки и выбора рациона питания с расширенными возможностями базы нутриентов	65
Драган С.П., Кондратьева Е.А., Котляр-Шапиров А.Д. Методика импедансометрических исследований акустического рефлекса	69
Грибова В.В., Окунь Д.Б. Формальное представление знаний о медикаментозном лечении конъюнктивита (фрагмент)	73
Петряева М.В. База знаний о заболеваниях сетчатки – новый информационный ресурс для медицинского облачного сервиса	76
Фахрутдинова С.В., Бушманов А.В. Проектирование аппарата внешней фиксации таза незамкнутого типа	80
Ульянычев Н.В., Кулигин С.Н., Ульянычева В.Ф. Разработка метода распознавания паттернов сигнала центральной нервной системы с использованием вейвлет-анализа	82
Соловцова Л.А., Слесарев Д.И. Разработка информационно-справочной системы «Чрескостный остеосинтез»	95

*СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И
ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНСКОЙ НАУКЕ*

Луценко М.Т., Андриевская И.А., Ишутина Н.А., Дорофиенко Н.Н. Способ диагностики стабильности эритроцитов у беременных при обострении цитомегаловирусной инфекции	98
Орленкович Л.Н. Исследование динамики внутри- и межсистемных корреляций биомаркеров эффекта при гигиенической регламентации биопрепаратов	102
Ильин А.В., Перельман Ю.М., Приходько А.Г., Леншин А.В. Прогнозирование достижения контроля бронхиальной астмы с использованием показателей бронхиальной проходимости и воздухонаполненности легких	107

Антонюк М.В., Кнышова В.В., Царева У.В. Эффективность санаторно-курортного лечения больных бронхиальной астмой, ассоциированной с ожирением	110
Бородин Е.А., Штарберг М.А. Конденсат выдыхаемого воздуха как объект для биохимического исследования	115
Гориков И.Н., Колосов В.П., Нахамчен Л.Г., Егоршина Е.В., Тальченкова Т.Е. Прогнозирование анемического синдрома при обострении хронического обструктивного бронхита у женщин с гриппом А(Н3N2) в первом триместре беременности	117
Гориков И.Н. Прогнозирование частого развития острых респираторных вирусных инфекций в течение первого года у доношенных новорожденных с внутриутробным гриппом А(Н3N2)	123
Зарецкий А.П., Ильин А.В., Кулешов А.П., Потеряхина А.В., Потеряхин А.В. Исследование прогностичности алгоритмов анализа variability сердечного ритма при временной стимуляции	129
Васильева И.Н., Беспалов В.Г., Зинкин В.Н. Перспективы исследования низкомолекулярной ДНК плазмы крови для диагностики экстремальных и патологических состояний	133
Шешегов П.М. Особенности защиты человека от шума и инфразвука высокой интенсивности	137
Зинкин В.Н. Критерии повреждения органов дыхания при действии низкочастотных акустических колебаний	141
Винарская Е.Н., Фирсов Г.И. Сенсорный синтез в организации кинестетической чувствительности позной статики человека	146
Винарская Е.Н., Фирсов Г.И. Становление кинестетической чувствительности в управлении статикой позы человека	149
Гридин Л.А., Шишов А.А., Дворников М.В. Системные особенности адаптационных реакций человека в арктическом регионе	153

*ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА
В ЗДРАВООХРАНЕНИИ*

Потемкина Н.С., Крутько В.Н. Концепция разработки распределенной базы данных «Здоровье России»	157
Сапегин А.Н. Учёт особенностей учреждений медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины при разработке медицинских информационных систем	161

Каюмова Л.И., Буданова Е.И., Перина А.А., Булулукова Т.И. Программа «Аист» в обеспечении инфекционной безопасности гемотрансфузионных сред	163
Шешегов П.М. Условия труда авиационных специалистов и профессиональная заболеваемость	167
Солдатов С.К., Зинкин В.Н. Авиационный шум как причина экологических и социальных проблем	172
Катола В.М. Многолетние отходы русловой золотодобычи и их микронаселение	176
Катола В.М. Водный режим отходов золотодобычи, реакция бактерий и плесневых грибов	180
Катола В.М. Причины попадания тяжелых металлов в водопроводную питьевую воду	184
Трухачева Н.В., Грибова Г.В., Пупырев Н.П. Оценка содержания курса медицинской информатики: системный подход	188
Кукушкин Ю.А., Никифоров Д.А., Ворона А.А. Методика автоматизированной диагностики профессионального здоровья летчика	192
Никифоров Д.А., Ворона А.А., Кукушкин Ю.А. Методика квалитметрии жизни и условий профессиональной деятельности летного состава	196
Радомский С.М., Радомская В.И. Халькогениды в природных объектах Благовещенского района Амурской области	200
Балашов В.Н. Система профилактики развития респираторной патологии у иностранных военнослужащих	204
Солдатов С.К., Чистов С.Д., Герасимова Е.Г., Кукушкин Ю.А. Методика определения показаний к послесменной коррекции психофизиологического состояния	212
Гармаев Б.З., Бороноев В.В. Классификация пульсовых волн с помощью статистической модели	216

© 2015 г. **А.В. Богомолов**, д-р техн. наук
ГНЦ РФ – Федеральный медицинский биофизический центр
имени А.И.Бурназяна, Москва

ОСОБЕННОСТИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ СЕТЕВЫХ ЭКСПЕРТИЗ

Изложены основные особенности современных технологий поддержки принятия медицинских диагностических решений с помощью сетевых экспертиз, перечислены их преимущества и недостатки, названы приоритетные направления развития сетевых экспертиз.

Ключевые слова: сетевая экспертиза, принятие решений, медицинская диагностика, медицинская информатика, телемедицина.

A.V. Bogomolov

State Scientific Center of RF – Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow

THE FEATURES OF DIAGNOSTIC DECISIONS MAKING SUPPORT WITH NET EXPERTISE

The main features of modern technologies of medical diagnostic decisions support with the help of net expertise are shown, their main advantages and disadvantages are demonstrated, the major trends of net expertise development are named.

Key words: net expertise, decision making, medical diagnostics, medical information studies, telemedicine.

Для установления диагноза, определения прогноза, тактики дальнейшего обследования и лечения пациентов в медицине традиционно используют консилиумы – совещания нескольких представителей одной или различных специальностей. Такие консилиумы, по сути, являются экспертизами – исследованиями, проводимыми лицом, компетентным в определенной (как правило, «узкой») предметной области, привлеченным по поручению заинтересованных лиц в целях ответа на вопросы, требующие специальных познаний [4, 7, 8]. В частности, в соответствии с международными стандартами и правилами (GCP, GMP, GLP и др.) выработка группой экспертов консенсуса по определённой проблеме является начальным уровнем клинических исследований, основанных на технологиях доказательной медицины [6].

Прогресс информационно-телекоммуникационных технологий обусловил целесообразность (с позиции качество/стоимость) реализации консилиумов в виде сетевых экспертиз – экспертиз, широко использующих современные информационные технологии, сети связи и передачи данных для

организации групповых экспертных процедур с привлечением сетевых экспертов, имеющих равные (в том числе – независимо от места пребывания) возможности участия в экспертизе [8]. Целью представляемого доклада является изложение современного состояния вопроса поддержки принятия диагностических решений с помощью сетевых экспертиз.

Стадии сетевой экспертизы

В [8] выделены следующие стадии экспертизы:

1) принятие решения о необходимости проведения экспертного опроса и формулировка руководителем его цели;

2) подбор и назначение руководителем основного состава рабочей группы (научного руководителя и секретаря, модераторов и ответственных за технологическое обеспечение экспертизы);

3) разработка рабочей группой (точнее, ее основным составом, прежде всего научным руководителем и секретарем) и утверждение заказчиком экспертизы технического задания на проведение экспертного опроса;

4) разработка рабочей группой подробного сценария (т.е. регламента) проведения сбора и анализа экспертных мнений (оценок);

5) подбор экспертов в соответствии с их компетентностью;

6) формирование экспертной комиссии;

7) проведение сбора экспертной информации;

8) анализ экспертной информации с помощью включенных в сценарий методов: при применении согласно сценарию экспертной процедуры из нескольких туров – необходимое повторение этого и предыдущего этапа;

9) итоговый анализ экспертных мнений, интерпретация полученных результатов и подготовка заключительного документа для руководителя;

10) официальное окончание деятельности рабочей группы, в том числе утверждение руководителем рабочей группы заключительного документа, представление его заказчику экспертизы.

Специфика сетевой экспертизы должна быть учтена, в основном, на стадиях 5-7, для остальных стадий следует использовать (с соответствующей адаптацией) результаты, известные в теории экспертных оценок [1-9].

Преимущества и недостатки сетевых экспертиз

Очевидными преимуществами сетевых экспертиз являются [4, 8]:

– оперативность, точность и полнота охвата проблемы;

– репрезентативность мнений экспертов, более адекватно отражающих интересы элитных клубов, общественных, профессиональных и иных групп;

– возможность привлечения множества экспертов, каждый из которых

может являться специалистом по части рассматриваемых вопросов (возможность агрегирования неполных предпочтений);

- возможность непосредственных коммуникаций между экспертами;
- развитие инструментов управления нематериальной мотивацией экспертов;
- наличие эффектов самоорганизации экспертного сообщества, появление «коллективного разума»), в том числе автономность формирования репутаций экспертов;
- возможность документировать и обрабатывать в реальном времени различные нюансы общения, которые могут отражать определенный смысл действий (коннект-анализ);
- прозрачность, открытость, ответственность и демократичность;
- возможность включения специальных механизмов переработки информации, позволяющих реализовать принцип экспертизы «десять непрофессионалов могут быстро породить профессиональную мысль».

В то же время, сетевые экспертизы не лишены потенциальных недостатков [8]:

- при реализации сетевых экспертиз отмечается «утеря духовного, прочувственного общения», которая появляется вследствие того, что эксперты не общаются «вживую»;
- снижение уровня доверия к результатам экспертизы вследствие возможной избыточности индивидуальных коммуникаций между экспертами, возможного «попадания» в число экспертов людей, не обладающих должной квалификацией, сложности обеспечения сходимости мнений экспертов;
- некачественного подбора экспертов, рационального определения их групп;
- возможность манипулирования результатами экспертизы.

Перспективные направления развития сетевых экспертиз

В качестве перспективных направлений развития технологий сетевой экспертизы отмечают исследование и практическую реализацию [4, 8]:

- явлений самоорганизации экспертного сообщества;
- механизмов экономической и социальной мотивации экспертов;
- нормативных правовых условий реализации сетевой экспертизы и детерминации статуса ее результата;
- процедур формирования сетевых экспертных групп под конкретные прикладные задачи;
- динамического расчета «репутации/рейтингов» экспертов;
- методов организации иерархического сетевого взаимодействия экс-

пертов;

– аппаратно-программного инструментария сетевой экспертизы, учитывающего специфику областей его прикладного использования.

* * *

Реализация технологий поддержки принятия медицинских диагностических решений с помощью сетевых экспертиз, несомненно, относится к приоритетным задачам медицинской информатики. Несмотря на наличие очевидных преимуществ, реализация таких подходов сопряжена с необходимостью решения ряда обозначенных в докладе задач, позволяющих реализовать эффективную сетевую экспертизу. Решение этих задач, несомненно, требует совместных усилий специалистов по информатике, управлению, вычислительной технике, информационной безопасности, психологии, социологии и др., а также пристального внимания общества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин А.Н. Методы экспертных оценок. Обнинск: ИАТЭ, 1996. 148 с.
2. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980.
3. Богомолов А.В., Зуева Т.В., Чикова С.С., Голосовский М.С. Экспертно-аналитическое обоснование приоритетных направлений совершенствования системы предупреждения биологических террористических актов // Информатика и системы управления. 2009. №4. С. 134-136.
4. Губанов Д.А., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Модели нечеткой сетевой экспертизы // Системы управления и информационные технологии. 2010. № 4. С. 13-18.
5. Козлов В.Е., Богомолов А.В., Рудаков С.В., Оленченко В.Т. Математическое обеспечение обработки рейтинговой информации в задачах экспертного оценивания // Мир измерений. 2012. № 9. С. 42-49.
6. Максимов И.Б., Столяр В.П., Богомолов А.В. Прикладная теория информационного обеспечения медико-биологических исследований. М.: БИНОМ, 2013.
7. Орлов А.И. Экспертные оценки. Учебное пособие. Москва, 2002.
8. Сетевая экспертиза / од ред. Д.А.Новикова и А.Н.Райкова. М.: Эгвес, 2010.
9. Шибанов Г.П. Порядок формирования экспертных групп и проведения коллективной экспертизы//Информационные технологии. 2003. №12. С. 26-29.

E-mail: a.v.bogomolov@gmail.com

П.Ф. Кикку¹, д-р мед. наук, канд. техн. наук,

Т.В. Горборукова², канд. техн. наук

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток,

¹Школа биомедицины, ²Школа Естественных наук

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ЭКОЛОГО-ЗАВИСИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Представлены методические аспекты оценки распространенности эколого-зависимых заболеваний в системе «среда обитания - здоровье популяции человека - принятие решений».

Ключевые слова: эколого-зависимые заболевания, распространение, методология.

P.F. Kiku, T.V. Gorborukova

*Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia, ¹School of biomedical science,
²school of natural sciences*

METHODOLOGICAL ASPECTS OF ASSESSING THE PREVALENCE ECOLOGY - DEPENDENT DISEASES

The article presents the background and methodological aspects of assessing the prevalence of ecology-dependent diseases in the system "environment - health population human decision making".

Key words: ecology-dependent diseases, dissemination, methodology.

Одной из приоритетных стратегических задач политики Российской Федерации в области здравоохранения остается необходимость все более активного и эффективного влияния на поддержание и укрепление здоровья популяции человека. Под эгидой Организации Объединенных Наций (ООН) был принят ряд основополагающих документы, которые должны были способствовать гармонизации взаимоотношений в системе «среда обитания – здоровье человека»[3]. Однако на современном этапе предпринимаемые меры пока не позволяют изменить или стабилизировать данную ситуацию. Параметры состояния среды обитания и распространенность заболеваемости в популяциях человека имеют устойчивый тренд к ухудшению [1, 2, 4].

Среди комплекса факторов различной природы, оказывающих влияние на состояние популяционного здоровья, по данным ВОЗ долевой вклад экологической составляющей 20–30%. Однако при этом следует учитывать, что абсолютное большинство современных болезней человека являются результатом экологического прессинга. Отрицательное воздействие среды

обитания человека в условиях техногенной нагрузки находит свое отражение в ухудшении демографических показателей, снижением функциональных возможностей защитных сил организма, росте заболеваемости, инвалидности и смертности в популяциях человека [1, 5].

В этом случае проблема измерения и оценки распространенности экологозависимых заболеваний в популяциях человека отводится особая роль, как в силу обострения экологического неблагополучия, так и ввиду сложной управляемости данного процесса в антропоэкологической системе.

Многофакторность компонент, сложность их взаимосвязей и взаимодействий в двухкомпонентной системе «среда обитания – здоровье популяции человека» обуславливают применение системного подхода в решении вопросов оценки распространенности заболеваемости и регулирования этого процесса в трехкомпонентной системе «среда обитания – здоровье популяции человека - принятие решений».

В общем виде системный подход в решении экологических проблем предполагает выполнение таких этапов, как отыскание возможных вариантов решения; определение последствий использования каждого из возможных вариантов решения; применение объективных критериев, которые указывают, является ли одно решение более предпочтительным, чем другие. Формальная модель задачи принятия решений может быть представлена в виде «дано...», «требуется определить...»:

$$\langle S_0, T, Q / S, A, B, Y, f, K, Y_{opt} \rangle;$$

где слева от вертикальной черты расположены известные, а справа – неизвестные элементы задачи: S_0 – проблемная ситуация; T - время для принятия решения; Q - имеющиеся для принятия решения ресурсы; $S = (S_1, \dots, S_n)$ - множество альтернативных ситуаций, уточняющих проблемную ситуацию S_0 ; $A=(A_1, \dots, A_k)$ - множество целей, преследуемых при принятии решения; $B=(B_1, \dots, B_l)$ - множество ограничений; $Y=(Y_1, \dots, Y_m)$ – множество альтернативных вариантов решения; f - функция предпочтения лица принимающего решение; K - критерий выбора наилучшего решения; Y_{opt} - оптимальное решение.

Содержание задачи принятия решения можно сформулировать следующим образом: в условиях проблемной ситуации S_0 , располагаемого времени T и ресурсов Q необходимо уточнить ситуацию S_0 множеством гипотетических ситуаций S , сформировать множества целей A , ограничений B и альтернативных вариантов решения Y , произвести оценку индивидуальных

предпочтений решений f и найти оптимальное решение Y_{opt} , руководствуясь сформулированным критерием выбора K .

Технологически в процессе принятия решений выделяется три модуля: постановка задачи, формирование решений и выбор решения. Тогда на основе системного подхода, используемых методов исследования и компьютерного моделирования структура концептуальной модели содержит компоненты - базы данных, знаний, нормативные справочники; базы моделей, альтернатив, критериев и оценок. Взаимодействие перечисленных модулей, основывается на единой технологии сбора, накопления, обработки, передачи данных; отображения динамики входных показателей; расчета статистических характеристик, показателей межсистемных связей, факторных нагрузок различной природы; определения их соподчиненности (дерево связей), интегральных оценок и моделирование в трехкомпонентной системе «среда обитания - здоровье популяции человека - принятие решений».

Таким образом, мы предлагаем один из методов оценки состояния здоровья населения, на основании которого можно разрабатывать многофункциональные и адресные медико-профилактические программы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кику П.Ф., Ярыгина М.В., Юдин С.С. Образ жизни, среда обитания и здоровье населения Приморского края. Владивосток: Дальнаука, 2013. 220 с.
2. Колосов В.П., Манаков Л.Г., Кику П.Ф., Полянская Е.В. Заболеваемость органов дыхания на Дальнем Востоке России: эпидемиологические и социально-гигиенические аспекты. Владивосток: Дальнаука, 2013. 220 с.
3. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992): Информационный обзор / под ред. В.А. Контюга. Новосибирск: СО РАН, 1992. С. 4-25.
4. Рахманин Ю.А. Актуализация проблем экологии человека и гигиены окружающей среды и пути их решения // Гигиена и санитария. 2012. №5. С. 4-8.
5. Щепин О.П. Здоровье населения региона и приоритеты здравоохранения / под ред. акад. РАМН, проф. О.П. Щепина, член-корр. РАМН проф. В.А. Медика. М.: ГЕОТАР-Медиа, 2010. 384 с.

E-mail: lme@lme

©2015 г. М.П. Дьякович¹, д-р биол. наук,
И.А. Финогенко², д-р физ.-мат. наук

¹Ангарская государственная техническая академия, Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований, Ангарск; ²Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, Иркутск

МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ В ЗАДАЧЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА СВЯЗАННОГО СО ЗДОРОВЬЕМ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ¹

Рассматриваются некоторые вопросы применения метода анализа иерархий Т. Саати к исследованиям связанного со здоровьем качества жизни студенческой молодежи. Иерархическая декомпозиция исследуемого объекта реализована в трех направлениях: здоровье, психологическое состояние и удовлетворенность актуальными социальными потребностями. Для компьютерной поддержки метода разработано программное обеспечение.

Ключевые слова: качество жизни, связанное со здоровьем, метод анализа иерархий, матрица парных сравнений, студенты.

M.P. Diakovich¹, I.A. Finogenko²

¹Angarsk State Technical Academy, East-Siberian Institution of Medico-Ecological Researches FSBSI, Angarsk; ²Matrosov Institute of System Dynamics and Control Theory SB RAS, Irkutsk

APPLICATION OF THE METHOD OF HIERARCHY ANALYSIS IN TASKS OF SYSTEM ANALYSIS HEALTH RELATED QUALITY OF STUDENTS' LIFE

This article discusses some questions of the application of the analytic hierarchy process to research health-related quality of student's life. Hierarchical decomposition of the object is implemented in three areas: health, psychological state, and address urgent social needs. The special software to computer support for the task was developed

Key words: health-related quality of life, hierarchy analysis method, matrix of pairwise comparisons, students.

Введение

Под качеством жизни (КЖ) в современных концепциях качества понимают комплексную характеристику социально-экономических, политических, культурно-идеологических и экологических факторов и условий существования личности, положения человека в обществе. Одним из важней-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части госзадания.

ших структурных элементов КЖ является состояние здоровья, ухудшение которого сказывается на динамике деятельности, выносливости человека к психическим и физическим нагрузкам. Несмотря на интерес к изучению проблем студенческой молодежи, работ, касающихся КЖ, связанного со здоровьем (КЖСЗ), крайне мало [1, 2, 3]. По определению Всемирной организации здравоохранения здоровье есть состояние физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов. Одним из методов исследования систем, содержащих разнородные субъективные и объективные факторы различной степени важности, является успешно используемый в различных областях человеческой деятельности метод анализа иерархий (МАИ). Этот метод позволяет перевести качественную информацию об исследуемом объекте в количественную, а также оценить силу влияния отдельных факторов нижних уровней иерархии на ее фокус, т.е. на само изучаемое явление [4].

Постановка задачи

Целью настоящего исследования является представление критериев или факторов КЖСЗ в виде некоторой иерархической структуры и демонстрация возможности применения МАИ к анализу указанного объекта. Отметим, что в настоящее время имеется опыт использования МАИ для оценки отдельных социально-экономических явлений [5, 6]. КЖСЗ является системой с определенными функциями и целью, и поэтому иерархия как абстрактная структурная модель этой системы должна быть представлена сетевым графом, в котором элементы системы распределены по уровням, причем элементы нижестоящего уровня влияют на вышестоящий уровень. Качественные суждения экспертов, полученные на основе парных сравнений критериев КЖ, записываются в виде обратно симметричных матриц парных сравнений и математическими методами преобразуются в количественные соотношения критериев каждого уровня. При этом осуществляется проверка этого преобразования, т.е. должна быть получена не просто расстановка приоритетов, но и обоснованное свидетельство того, насколько один критерий превосходит другой. Все это достигается вычислением собственных векторов (векторов приоритетов) и отношений согласованности (ОС) матриц парных сравнений. Компоненты нормированного вектора приоритетов служат абсолютными весовыми коэффициентами для сравниваемых между собой критериев.

Результаты исследований и заключение

Алгоритм применения МАИ для оценки КЖСЗ таков:

1. Структурирование объекта исследования в виде иерархической структуры с несколькими уровнями.
2. Выполнение парных сравнений критериев на каждом уровне иерархии и составление матриц парных сравнений.
3. Вычисление и нормирование векторов приоритетов и ОС.
4. Проведение сравнительного анализа иерархии критериев исследуемой системы.

Первый уровень составляет фокус (цель) всей иерархии КЖСЗ. С учетом многомерности и разнородности составляющих этого объекта второй уровень иерархии КЖСЗ представлен в нашем исследовании физической – K_1 (уровни рисков утраты здоровья), психической - K_2 (уровни личностной тревожности) и социальной - K_3 (уровень социальной фрустрации) компонентами здоровья [7].

Критериями третьего уровня для K_1 являлись уровни риска нарушений здоровья: минимальный (K_{11}), умеренный (K_{12}), высокий (K_{13}). Критериями третьего уровня для K_2 служили уровни личностной тревожности: низкий (K_{21}), умеренный (K_{22}), высокий (K_{23}). Критериями третьего уровня для K_3 являлись уровни социальной фрустрации: низкий (K_{31}), умеренный (K_{32}), высокий (K_{33}).

Парное сравнение критериев уровней декомпозиции осуществляли с учетом мнения экспертов в области профилактической медицины, социологии, психологии.

Для компьютерной поддержки поставленной задачи было разработано программное обеспечение, которое обеспечивает формирование иерархии (декомпозиции) КЖСЗ, возможность ввода необходимой информации по уровням иерархии, автоматизированного подсчета выходных данных, сохранения их в виде диаграмм и таблиц для дальнейшего анализа.

Оценка КЖСЗ проводилась среди студентов технического вуза в возрасте от 20 до 22 лет. Расчеты абсолютных весовых коэффициентов для критериев второго уровня иерархии КЖСЗ выявили доминирование физической компоненты над психологической и социальной. Анализ абсолютных весовых коэффициентов для критериев второго уровня показал, что повышение КЖСЗ обусловлено доминированием критерия K_{11} (минимальный риск заболеваний) в физической компоненте, критерия K_{22} (умеренная тревожность) - в психологической компоненте, и критерия K_{32} (умеренная фрустрация) - в социальной компоненте.

Значительное совпадение результатов, полученных с использованием

описанного метода, и результатов натурального медико-социального исследования, проведенного среди указанного контингента, подтверждает надежность МАИ и делает перспективным его применение в области управления КЖСЗ студенческой молодежи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Michalos A.C, Orlando A. A note on student quality of life // Social Indicators Research. 2006. №79. P.51-59.
2. Zullig K.J, Huebner E.S, Pun S.M Demographic correlates of domain - based life satisfaction reports of college students // J.Happiness stud. 2009. №10. P.229-238.
3. Diakovich M. Social and psychological aspects of health relative quality of life of students// Abstracts: equity, education and Health - the 4th European conference on Health Promoting schools, Aarhus University, 2013. Copenhagen.-P.66-67. (электронный научный журнал) <http://schools4health.dk/conference>
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993
5. Уварова В.И., Шуметов В.Г. Использование метода анализа иерархий // СОЦИС. №3. 2001. С. 104-109.
6. Каган Е.С. Модель комплексной оценки социального капитала предпринимателей региона // Вектор науки ТГУ. №4 (22), 2012. С.55-58.
7. Качество жизни, связанное со здоровьем: оценка и управление / под редакцией В.С. Рукавишников. Иркутск: Издательство НЦ РВХ, 2012.

E-mail: marik914@rambler.ru

Е.Д. Константинова, канд. физ.-мат. наук,

А.Н. Вараксин, д-р физ.-мат. наук

ФГБУН Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург

ПРОБЛЕМА МНОЖЕСТВЕННОСТИ МОДЕЛЕЙ В ЭКОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА И БИОЛОГИИ. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ЛЕСА ДЕРЕЬЕВ КЛАССИФИКАЦИИ.

Предлагается методика для решения проблемы множественности моделей в экологии человека. Алгоритм анализа, основанный на методе деревьев классификации, предполагает анализ леса деревьев классификации для построения обобщенного решающего правила.

Ключевые слова: системный анализ, множественность моделей, деревья классификации, здоровье детей, факторы риска.

E.D. Konstantinova, A.N. Varaksin

Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia

**THE PROBLEM OF MULTIPLICITY OF MODELS IN HUMAN ECOLOGY
AND BIOLOGY. THE TECHNIQUE OF CONSTRUCTING
THE FOREST CLASSIFICATION TREES**

The technique to solve the problem of the multiplicity of models in the human ecology is proposed. The algorithm based on classification trees method implies analysis of the forest classification trees to construct generalized decision rule.

Keywords: system analysis, multiplicity of models, classification trees, children health, risk factors.

Введение. Системный анализ (СА) может быть определен как метод, основанный на представлении объекта-носителя проблемы в качестве системы, включающий с одной стороны разложение сложной проблемы на ее составляющие, анализ этих составляющих, вплоть до постановки конкретных задач, имеющих отработанные алгоритмы решения, а с другой стороны, удержание этих составляющих в их неразрывном единстве. Таким образом, суть СА представляет собой совокупность принципов, определяющих цель и стратегию решения сложных проблем. Анализ поведения живой системы, такой как человеческая популяция, при наличии многофакторного воздействия окружающей среды (ОС) является одной из сложных современных проблем.

В настоящей работе решается проблема множественности моделей в экологии человека. Задача взаимосвязи здоровья населения и факторов риска может быть решена методом Деревьев Классификации (ДК) [1, 2]. Но опыт показывает, что для одного и того же класса заболеваний можно построить несколько ДК, не уступающих друг другу по качеству, но дающих разные решающие правила (РП). В качестве примера рассмотрена задача о здоровье населения, подвергающегося воздействию факторов риска различной природы.

Материалы и методы исследования. Многофакторный анализ проводится методом ДК на конкретном материале выборки детей дошкольного возраста Екатеринбурга. В ходе профилактических осмотров детей в ДГБ №16 в 2001-2006 гг. получены данные о распространенности патологий и о наличии факторов риска потери здоровья (ФР) у 441 ребенка. Для анализа взяты 5 наиболее распространенных классов патологий и 12 наиболее значимых ФР.

Результаты и обсуждение. В настоящей работе предлагается авторская методика для решения проблемы множественности моделей в экологии

человека и биологии. Предлагаемый нами алгоритм анализа, основанный на методе ДК [1, 2], предполагает построение и анализ 12 ДК для каждой из изучаемых патологий (анализ леса деревьев). Таким образом, конечным итогом является построение обобщенного РП. Вывод о необходимости построения обобщенного РП для каждого вида патологии вытекает из концепции множественности моделей В.В. Налимова [3], которая звучит следующим образом: «для объяснения и предсказания структуры и (или) поведения сложной системы возможно построение нескольких моделей, имеющих одинаковое право на существование». Именно множественность моделей для одной ситуации и позволяет сделать, в конечном итоге, лучший выбор в плане рекомендаций.

Таким образом, следуя принципам СА, полученные разные ДК не противопоставлены друг другу, а их результаты – РП - объединены. Появляется возможность выбора предметно более целесообразного РП.

Алгоритм построения решающего правила:

1. Построение набора ДК.
2. Формирование двух классов объектов для каждого ДК из набора.
3. Анализ «качества» деления на классы с высоким и низким значениями отклика.
4. Формулировка предметно-ориентированного решающего правила.
5. Анализ промежуточных и отсеченных терминальных вершин; возможность компенсации одних ФР другими.

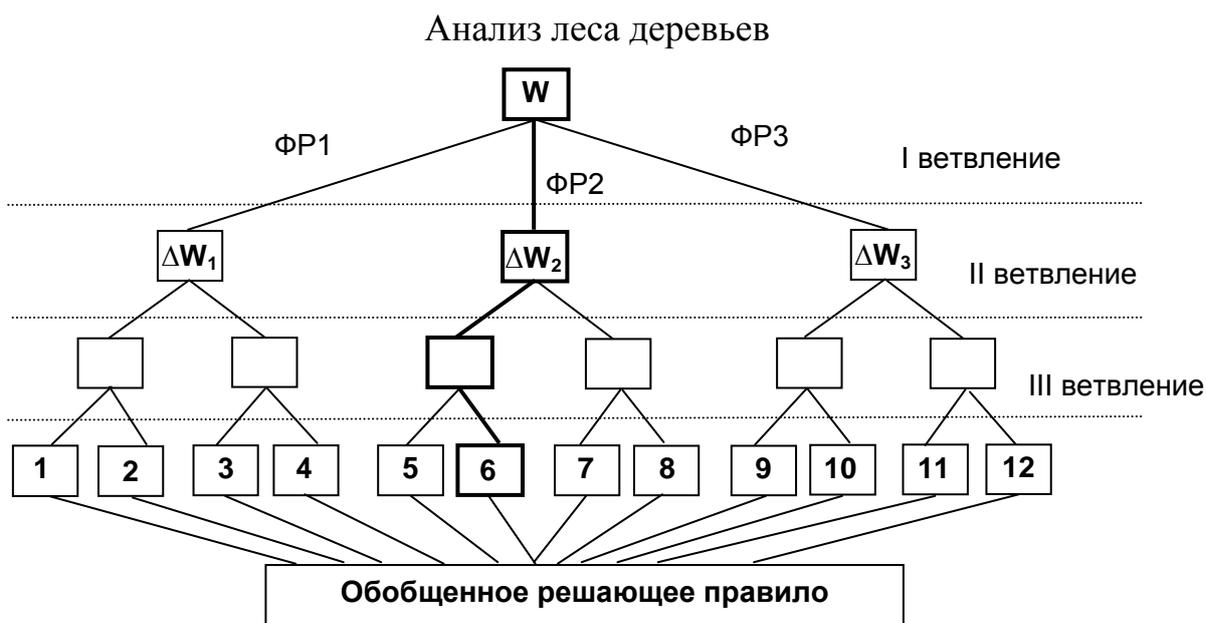


Рис. 1 – Схема построения обобщенного РП, основанная на иерархическом принципе

Построение ДК (с конкретным примером для заболеваний верхних дыхательных путей) подробно описано в работе [1]. Предлагаемый нами алгоритм анализа, основанный на методе ДК, предполагает построение и анализ 12 ДК для каждой из изучаемых патологий.

Заключение

В соответствии с основными принципами СА объект исследования – комплекс взаимоотношений «здоровье детей – факторы риска» - может быть представлен в качестве системы, состоящей из подсистем: отдельных классов патологий. Таким образом, понятие «здоровье ребенка» структурировано (разбито на классы патологий). На следующем этапе проводится анализ взаимоотношений ФР с этими подсистемами. ФР также структурированы («экологические», социальные, семейные и т.д.). Произошла, таким образом, детализация целей: теперь речь идет не об абстрактном влиянии «плохой экологии» на абстрактное же понятие «здоровье детей». Поставлены вполне конкретные задачи: исследовать взаимоотношение ФР с конкретными классами патологий. В то же время каждая такая задача, в свою очередь, разбивается на серию задач. В частности:

- определить для каждого класса патологий статистически значимо влияющие ФР (это одновременно задача однофакторного анализа и достаточно творческая задача выявления «главного» и откидывания второстепенного»);
- построить многофакторную модель влияния комплекса ФР на здоровье детей (авторский алгоритм на основе иерархической идеи);
- выявить комплексы ФР, дающих наибольший ущерб здоровью, а также выявить возможность компенсации немодифицируемых ФР социальными ФР (или более модифицируемыми экологическими или семейными);
- выработать рекомендации по сохранению здоровья детей.

Таким образом, выявлены и решены основные задачи системного анализа:

- задача композиции (представление системы в виде подсистем, состоящих из более мелких элементов);
- задача анализа (нахождение различного рода свойств системы, ее элементов и ОС с целью определения закономерностей поведения системы);
- задача синтеза (на основе знаний о системе, полученных при решении первых двух задач, создана модель системы, определена ее структура, параметры, обеспечивающие эффективное функционирование системы, решение задач и достижение поставленных целей).

Как видно, каждая задача из этой серии решается конкретными (уже известными) методами математической статистики, либо, за неимением таковых, предлагаются авторские алгоритмы. В ходе решения этих задач происходит дальнейшая детализация целей, и вырабатываются критерии их решения.

Разумеется, реальная система взаимоотношений «ФР – здоровье» чрезвычайно сложна, и поэтому наши модели отражают ее свойства в определенном приближении. Так, наша методика включает экспертные оценки, поскольку при решении реальных, насущных задач без них зачастую невозможно обойтись. Когда на этапе сбора исходных данных, из огромного числа факторов необходимо выбрать главные, а второстепенными – пренебречь, мы также сталкиваемся с необходимостью полагаться на интуицию исследователя, его здравый смысл. Очевидно, что эта задача не алгоритмизируема в принципе, она относится к так называемым «эвристическим», неформализованным методам. Алгоритм относят к формализованным методам. Как известно, сочетание формализованных и неформализованных средств и методов исследования является важной особенностью СА.

В конечном итоге, исходя из принципов СА, мы рассмотрели задачу отыскания взаимосвязи здоровья детей и факторов риска не как простую сумму составляющих, а как совокупность нелинейных многоуровневых взаимодействующих объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Константинова Е.Д., Вараксин А.Н. Метод «Деревья классификации» в задачах оценки комплексного влияния факторов риска на здоровье детей // Экологические системы и приборы. 2009. №10. С. 23-28.
2. Константинова Е.Д., Вараксин А.Н. Системный подход в изучении влияния комплекса факторов риска на показатели здоровья детей // Информатика и системы управления. 2010. №2(24). С. 186-189.
3. Налимов В.В. Теория эксперимента. М.: Наука, 1971. 208 с.

E-mail: K_Konst@ecko.uran.ru

© 2015 Ю.Н. Смоляков¹, канд. мед. наук,
В.В. Кальченко², канд. мед. наук

¹Читинская государственная медицинская академия, Чита, ² Научно-исследовательский институт им. Х. Вайцмана, Реховот, Израиль

МНОГОКАМЕРНАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФЛЮОРЕСЦЕНТНОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Излагается применение методики многокамерного моделирования фармакокинетики флюоресцирующего препарата, используемого при исследовании кровообращения головного мозга в экспериментах на мышах. Демонстрируются алгоритмы моделирования, путем формирования системы дифференциальных уравнений и их решения в среде MATLAB.

Ключевые слова: кровообращение, головной мозг, флюоресцентный анализ, моделирование.

J.N. Smolyakov¹, V.V. Kalchenko²

¹Chita State Medical Academy, Chita, ²Whitesman Scientific and research institute, Rehovot, Israel

MULTICHAMBER MODEL OF FLUOROSCENT DEVICE TO STUDY THE BRAIN BLOOD FLOW

The application of multichamber modeling of pharmacokinetics of fluorescent device used at the study of brain bloodflow in the experiment on rats is described. The algorithm of modeling is demonstrated through the formation of the system of differential equations and their solution in MATLAB.

Key words: blood flow, brains, fluorescent analysis, modeling.

Современная экспериментальная наука и клиническая практика широко реализуют возможности излучений оптического спектра. Характерными достоинствами оптической модальности являются низкая инвазивность, высокая оптическая проницаемость тканей, простота фиксации и количественных измерений. Математическое моделирование биологических механизмов в научном эксперименте позволяет достоверно обосновывать заключения по его результатам, а впоследствии оценивать отклонения результатов от модели нормы. Многокамерные модели, основанные на системе дифференциальных уравнений, широко используются, в частности, для исследования фармакокинетики и фармакодинамики лекарственных средств.

Основой данной работы послужили данные по распределению флюоресцирующего препарата по сосудам головного мозга мыши, полученные в

лаборатории прижизненной визуализации Научно-исследовательского института им. Х. Вайцмана (*Weizmann Institute of Science, Department of Veterinary Resources, In-vivo Optical Imaging Unit, Rehovot, Israel*). Результат эксперимента фиксировался со скальпа мыши на цифровую камеру с частотой 20 кадров/сек. В каждом пикселе обозреваемого поля анализировалась временная динамика интенсивности флуоресценции. Результаты фиксации и первичного анализа отображены на рис. 1

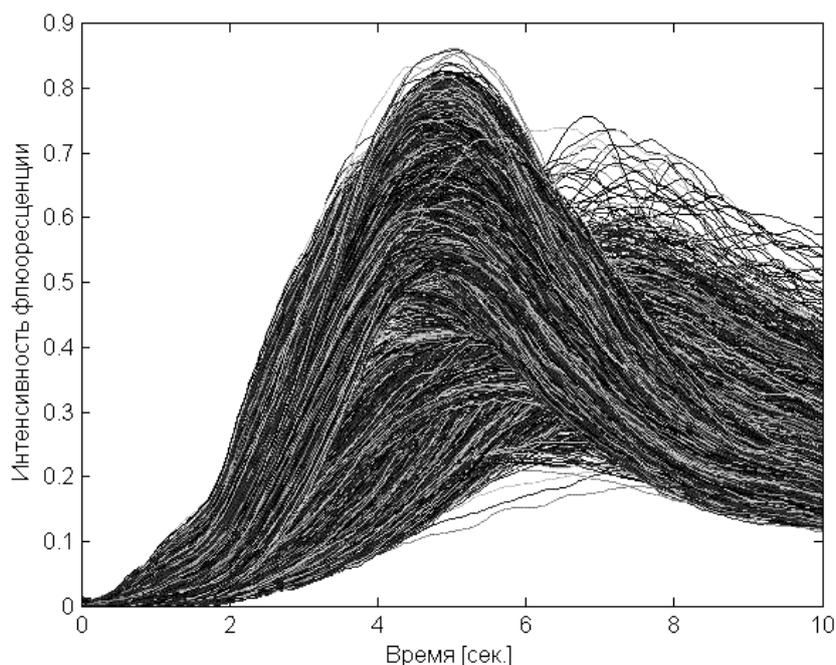


Рис. 1 – Динамика флуоресцентной интенсивности в группе пикселей обозреваемого поля скальпа мыши.

На рисунке отчетливо выделяются две группы пикселей с характерными показателями динамики концентрации препарата.

В основу моделирования положена трехкамерная модель описывающая динамику концентрации препарата в кровотоке (рис. 2).

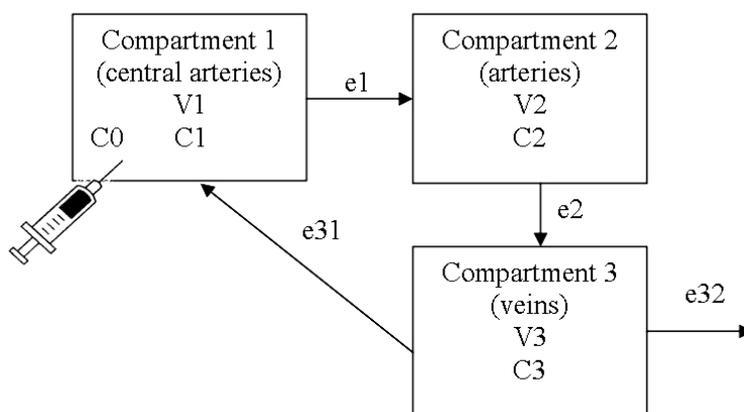


Рис. 2 – Трехкамерная модель динамики распределения флуоресцирующего препарата.

Каждая камера описывается следующими параметрами: C_0 – начальная концентрация (мг/мл); V_1, V_2, V_3 – объем камер (мл); C_1, C_2, C_3 – текущая концентрация препарата; e_1, e_2, e_{31}, e_{32} – коэффициенты элиминации, оценивающие скорость выведения препарата из камеры.

Изменение концентрации в камерах может быть описано системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}d(C_1 V_1)/dt &= e_{31} V_3 C_3 - e_1 C_1 V_1 \\d(C_2 V_2)/dt &= e_1 V_1 C_1 - e_2 C_2 V_2 \\d(C_3 V_3)/dt &= e_2 C_2 V_2 - (e_{32} + e_{31}) C_3 V_3\end{aligned}$$

Решение системы уравнений производилось в среде MATLAB с помощью встроенной функции ode45 (метод Рунге-Кутты). В качестве диапазона интегрирования задавался интервал времени 10 сек. Начальные условия определялись концентрацией вводимого вещества.

```
% начальные условия
D = 3; % доза (мг)
V1 = 1; V2 = 2; V3 = 2; % объем камер (мл)
e1 = 0.6; e2 = 0.8; e31 = 0.4; e32 = 0.2; % коэфф. элиминации (1/сек)
tmax = 10; % время наблюдения (sec)
C0 = D/V1; % начальная концентрация (мг/мл)

% потоки
F1i = @(t,C) e31 .* V3 .* C(3); % вход 1 камеры
F1e = @(t,C) e1 .* V1 .* C(1); % выход 1 камеры
F2i = F1e; % вход 2 камеры
F2e = @(t,C) e2 .* V2 .* C(2); % выход 2 камеры
F3i = F2e; % вход 3 камеры
F3e = @(t,C) (e31 + e32) .* V3 .* C(3) % выход 3 камеры

% решение уравнения
solution = ode45(@ODE3, [0 tmax], [C0 0 0], [], V1, V2, V3, ...
F1i, F1e, F2i, F2e, F3i, F3e);
t = 0:0.1:tmax; y = deval(solution, t);
plot(t, y(1:3, :))

function dC_dt = ODE3(t, C, V1, V2, V3, F1i, F1e, F2i, F2e, F3i, F3e)
dC1_dt = (F1i(t,C) - F1e(t,C)) ./ V1;
dC2_dt = (F2i(t,C) - F2e(t,C)) ./ V2;
dC3_dt = (F3i(t,C) - F3e(t,C)) ./ V3;
dC_dt = [dC1_dt; dC2_dt; dC3_dt];
end
```

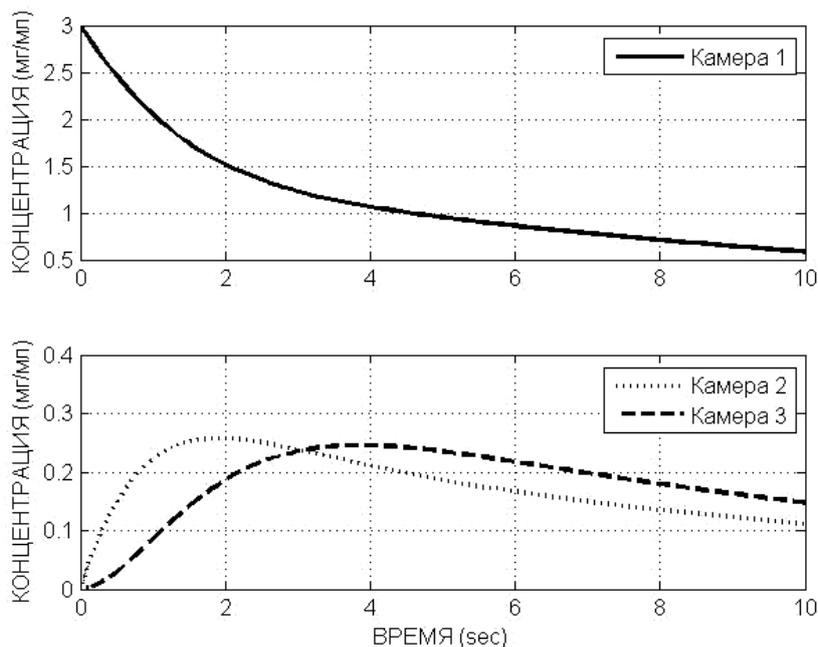


Рис. 3 – Отображение результатов моделирования.

Изменяя набор начальных условий можно добиться соответствия модельных процессов реальным регистрируемым процессам и произвести обратное отображение расчетных концентраций на исходное изображение. Также предполагается использование модели для симулирования эксперимента в различных начальных условиях для отработки методов статистического анализа (кластеризация) флуоресцентных снимков. Хотелось отметить, что трехкамерная модель дает только некоторую степень приближения к реальной ситуации, но модель может быть легко расширена за счет осмысленного добавления новых компонент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gieschke R., Serafin D. Development of Innovative Drugs via Modeling with MATLAB. Springer-Verlag, 2014. 407p.
2. Kalchenko V, Israeli D, Kuznetsov Y, Harmelin A. Transcranial optical vascular imaging (TOVI) of cortical hemodynamics in mouse brain. Sci Rep. 2014 Jul 25;4:5839. doi: 10.1038/srep05839.
3. Kalchenko V., Israeli D., Knoll P., Kuznetsov Y., Segre E., Brumfeld V., Smolyakov Y., Dafni H., Tsytsarev V., Mirzaei S., Meglinski I., Harmelin A. Dynamic Fluorescent Imaging: Enabling technologies towards in vivo transcranial vascular visualization // European Molecular Imaging Meeting (EMIM 2015), March 18-20, 2015, Tübingen, Germany. – Available at: http://www.esmi-insight.eu/emim2015/contxt/programme/default_session.asp?sessionID=38 (accessed: 01.09.2015)
4. Reyes-Aldasoro C.C. Biomedical Image Analysis Recipes in MATLAB: For Life Scientists and Engineers. Wiley-Blackwell, 2015. 416 p.

E-mail: dncfpd@dncfpd.ru

© 2015 В.Г. Панов, канд. физ.-мат. наук

Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург

О ПОНЯТИИ АДДИТИВНОСТИ В ТЕОРИИ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ПРЕПАРАТОВ

Рассматривается проблема аналитического выражения условия отсутствия совместного (комбинированного) действия агентов в рамках теории поверхности отклика (метод изобол). Показано, что в общем случае это выражение имеет вид некоторого нелинейного равенства. Приведено условие, при котором это выражение принимает вид линейного уравнения.

Ключевые слова: поверхность отклика, изобол, аддитивность, комбинированного действия, функция доза-ответ.

V.G. Panov

Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch of RAS, Yekaterinburg

THE NOTION OF ADDITIVITY IN THE THEORY OF THE COMBINED MEDICAL EFFECT

The problem of analytical condition expression of eliminating of the combined effect of agents in the theory of response surface (isobol method) is discussed. It is shown that in the general case this equation looks like nonlinear equality.

Key words: response surface, isobol, additivity, combined effect, dose-response function.

Введение. При назначении лекарственных препаратов чрезвычайно важную роль играет вопрос оценки риска их совместного применения. Как известно, возможны как несовместимые сочетания препаратов, так и такие, которые усиливают своё лекарственное действие [1, 2]. Особенно часто вопросы оценки эффекта при совместном использовании веществ возникают в токсикологии, где были разработаны несколько теоретических моделей для оценки эффекта комбинированного применения токсикантов [3]. При теоретическом и практическом анализе этого вопроса широко используются две парадигмы: оценка комбинированного действия на основе анализа вида изобол и на основе понятия независимости Блисса [3]. Следует заметить, что, как правило, применение независимости Блисса ограничено экспериментами *in vitro* и корректные выводы удается сделать только для сравнительно простых биологических систем [3]. Поэтому *de facto* наиболее употребительным и общепринятым методом корректной оценки комбинированного действия является метод изобол. Основные идеи и примеры применения этого метода можно посмотреть в работах [3, 4].

Исходные предпосылки метода изобол:

1) Предполагается, что все действующие факторы и отклик являются непрерывными случайными величинами.

2) Область определения факторов есть множество неотрицательных чисел $[0; +\infty)$. Впрочем, в анализе конкретных случаев область определения всегда ограничена, что не мешает применять теоретический анализ этих ситуаций.

3) Для каждого агента A_i определена функция «доза-ответ» $f_i(x_i)$, которая равна регистрируемому в опыте отклику Y при действии только одного агента A_i в количестве (концентрации, дозе) x_i . Эти функции называются однофакторными функциями «доза-ответ» и характеризуют изолированное действие данного агента A_i на отклик Y . В токсикологии и фармакологии однофакторные функции «доза-ответ» предполагаются, как правило, монотонно возрастающими. В общем случае все однофакторные функции предполагаются монотонными в одном и том же смысле.

4) Области значений однофакторных функций «доза-ответ» совпадают. Тогда для любой заданной величины Y_0 отклика Y из общей области значений существует значение X_i агента A_i , такое что $f_i(X_i) = Y_0$. Эти количества агентов A_i называются их изоэффektivными дозами (соответствующими значению Y_0 отклика Y).

Условие аддитивности. Определение характера комбинированного действия с помощью изобол основано на представлении об отклонении полученного графического представления комбинированного действия от некоторой референтной модели [3, 4]. В качестве референтной модели в данном случае рассматривается модель, в которой все действующие агенты представляют собой одно и то же вещество, но в различных дозах. В такой ситуации естественно считать, что между агентами не происходит никакого взаимодействия, которое может привести к нетривиальному комбинационному эффекту. В этом случае говорят о том, что агенты имеют аддитивное комбинированное действие на данный отклик, так как в этом случае их действие сводится к действию данного вещества в дозе, равной сумме их доз. В работе [4] было показано, что если вещества A_1, A_2, \dots, A_n имеют аддитивное комбинированное действие в дозах x_1, x_2, \dots, x_n соответственно, то имеет место равенство

$$\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{X_i} = 1, \quad (1)$$

где X_i – соответствующие изоэффektivные дозы агентов. Геометрически это уравнение задает гиперплоскость в пространстве доз, а для наиболее часто применяемого случая двух агентов – прямую (см. рис.1 а)). Отклонения от этой прямой (гиперплоскости) в ту или иную сторону трактуются как проявления синергизма (супераддитивности) или антагонизма (субаддитивности) – см. рис. 1 б) и в).

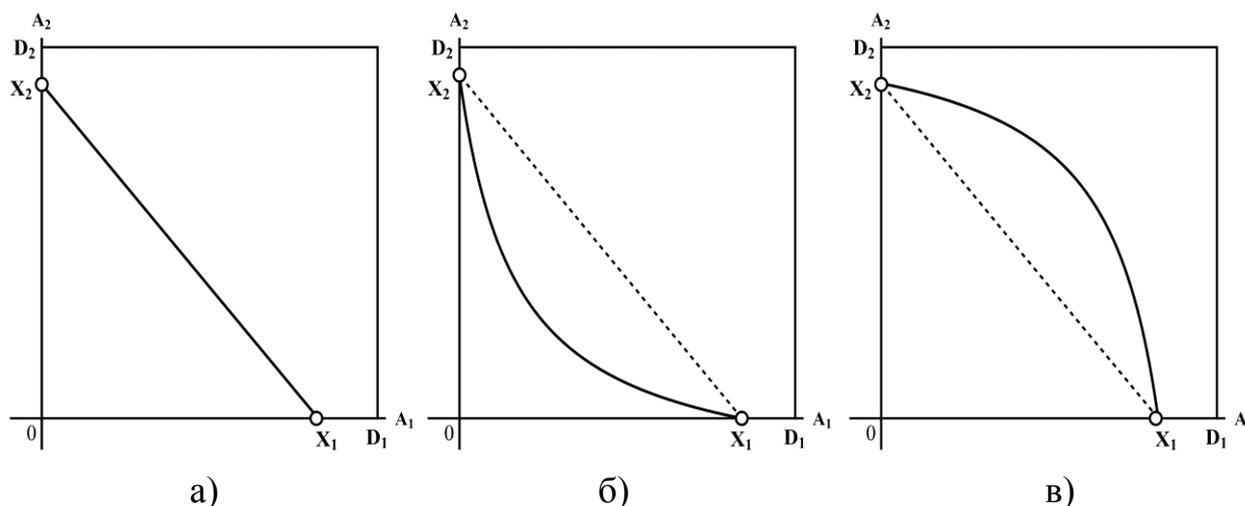


Рис. 1. Изоболы комбинированного действия двух агентов:
а) аддитивность; б) синергизм; в) антагонизм.

Однако внимательный анализ доказательства этого утверждения из работы [4] показывает, что оно верно только при условии однотипности однофакторных функций «доза-ответ». А именно, должно выполняться равенство $f_i(x_i) = g(a_i x_i)$ для некоторой монотонной функции $g(x)$ и константы a_i . Для произвольных функций $f_i(x_i)$ «доза-ответ» имеет место

Теорема. Общее условие аддитивности комбинированного действия агентов имеет вид

$$\frac{1}{X_1} \sum_{i=1}^n f_i^{-1}(f_i(x_i)) = 1 \quad (2)$$

Нетрудно показать, что при условиях $f_i(x_i) = g(a_i x_i)$ равенство (2) переходит в равенство (1). Однако здесь геометрическое представление аддитивного комбинированного действия может быть нелинейным, что требует более внимательного отношения к последующей классификации (синергизм/антагонизм).

Пример. Пусть $f_1(x_1) = x_1$, $0 \leq x_1 \leq 1$, $f_1(x_1) = 1$, при $x_1 > 1$, $f_2(x_2) = 1 - \exp(-2x_2)$, $x_2 \geq 0$. Тогда условие (2) аддитивности комбинированного дей-

ствия веществ с такими функциями «доза ответ» приводит к уравнению $x_1 + 1 - \exp(-2x_2) = \text{const}$, изоболы (линии уровня) которого имеют вид

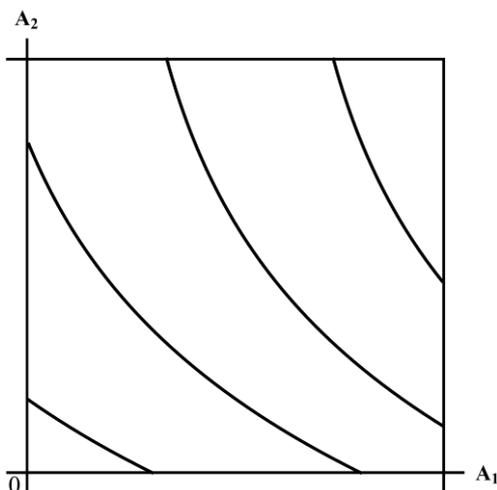


Рис. 2. Нелинейные аддитивные изоболы.

Общепринятая трактовка таких линий приводит к выводу о наличии между факторами супераддитивного комбинированного действия. Однако на самом деле имеет место аддитивность при разнохарактерной зависимости функций «доза-ответ». Таким образом, корректная классификация типов комбинированного действия должна учитывать не только форму изоболы, но и возможно более точный вид однофакторных функций «доза-ответ».

ЛИТЕРАТУРА

1. Combined drug intoxication. http://en.wikipedia.org/wiki/Combined_drug_intoxication.
2. Drug interaction. http://en.wikipedia.org/wiki/Drug_interaction.
3. Greco W.R., Bravo G., Parsons J.C. The Search for Synergy: A Critical Review from a Response Surface Perspective // Pharm. Rev. 1995. Vol. 47. No 2. P. 331-385.
4. Berenbaum M.C. The expected effect of a combination of agents: the general solution // J. Theor. Biol. 1985. Vol. 114. P. 413-431.

E-mail: vpanov@ecko.uran.ru

© 2015 **В.Г. Панов**, канд. физ.-мат. наук,

Ю.В. Нагребецкая, канд. физ.-мат. наук

Институт промышленной экологии УрО РАН, Екатеринбург,

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СОВМЕЩНОГО ДЕЙСТВИЯ n БИНАРНЫХ ФАКТОРОВ

Рассматривается алгебраическая модель многофакторного эксперимента, в котором все факторы и отклик принимают два уровня значений. В рамках этой модели поставлена и решается задача классификации типов совместного действия факторов. Приведены все возможные способы такой классификации.

Ключевые слова: свободная булева алгебра, теория достаточных причин, группа автоморфизмов на булевой алгебре, орбита действия группы на множестве, группы диэдра.

V.G. Panov, J.V. Nagrebetskaya

Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch of RAS,

Ural Federal University, Yekaterinburg

ALGEBRAIC CLASSIFICATION OF COMBINED EFFECT n OF BINARY FACTORS

The algebraic model of multivariate experiment in which all the factors and the response have two levels of values are discussed. In this model the problem of the factors types classification of the combined effect is solved. All possible ways to make such a classification are shown.

Key words: free Boolean algebra, the theory of sufficient reasons, the group of automorphisms in the Boolean algebra, the orbit of group action at the multitude, dihedral group.

Введение. В медико-биологических исследованиях с непрерывными факторами широко применяется такой метод оценки типа комбинированного действия как построение изобол (см. В.Г. Панов. О понятии аддитивности в теории комбинированного действия препаратов в настоящем сборнике). Применяемые здесь математические методы основаны на математическом анализе и статистике. Однако довольно часто встречаются такие схемы экспериментов, в которых как факторы (независимые переменные), так и отклик (выходной параметр) принимают отдельные изолированные значения. Применение в этой ситуации непрерывной математики проблематично, что требует расширения арсенала применяемых математических средств.

Одна из таких задач была описана в работах [1-3]. Основная проблема, которая там рассматривалась, состояла в строгой постановке и решении задачи описания комбинированного действия для бинарной двухфакторной теории достаточных причин. В работах [2, 3] это решение представлено в достаточно общем виде, который обнаружил возможность распространения этого решения на произвольный случай n бинарных факторов (и бинарного отклика) средствами теории булевых алгебр и теории групп.

Формализация n -факторного бинарного эксперимента. Пусть имеются n двухуровневых факторов X_1, X_2, \dots, X_n и бинарный отклик Y . Естественные соотношения между этими факторами могут быть описаны на языке операций в булевой алгебре от n переменных – пространстве состояний эксперимента [1-3]. Однако корректная постановка задачи классификации характера совместного действия этих факторов требует введения дополнительной конструкции, а именно, группы булевых автоморфизмов на пространстве состояний. Как оказалось, здесь возникает принципиальная неоднозначность введения такой группы, что отражает ситуацию с наличием априорных симметрий эксперимента (см. подробнее [2, 3]). Явное введение тех или иных симметрий, с одной стороны, обнаруживает новую сторону бинарного эксперимента, а с другой, может быть корректно оформлено соответствующей математической конструкцией (априорные симметрии эксперимента суть образующие группы автоморфизмов).

Классические симметрии, которые по умолчанию рассматриваются в теории достаточных причин, порождают группу симметрий, алгебраическое строение которой описывается следующей теоремой.

Теорема 1. Группа симметрий n -мерной теории достаточных причин изоморфна группе симметрий n -мерного куба, или гипероктаэдральной группе Ost_n .

Знание строения группы симметрий позволяет обычными алгебраическими средствами описать все те исходы бинарного эксперимента, которые имеют один и тот же тип совместного действия. А именно, это производится путем вычисления орбит действия данной группы симметрий (булевых автоморфизмов) на пространстве состояний эксперимента (булевой алгебре от n переменных). Примеры таких вычислений для $n = 2, 3$ приведены в [2, 3].

Однако после получения такого разложения пространства состояний эксперимента на множества, имеющие одинаковый тип совместного действия (т.е. классификация типов совместного действия), возникает трудно-

разрешимая даже для трех факторов проблема практической трактовки этих классов (см. [3]). Очевидно, что здесь необходимо активное сотрудничество математиков и специалистов в прикладной области.

Заметно более сложной оказывается ситуация с анализом эксперимента с изоэффективными уровнями (см. [2, 3]). Такой тип симметрий естественно возникает в токсикологических и фармакологических исследованиях. Здесь структура группы симметрий описывается следующей теоремой.

Теорема 2. Группа симметрий n -мерной бинарной теории с k изоэффективными уровнями ($1 \leq k \leq n$) изоморфна

- 1) Группе Oct_n , если k – нечетно и $1 \leq k \leq n - 1$;
- 2) Группе Коксетера D_n , равной полупрямому произведению группы $(Z_2)^n$ и полной симметрической группы S_n , если k – четно и $1 \leq k \leq n - 1$;
- 3) Прямому произведению группы $(Z_2)^n$ и полной симметрической группы S_n , если $k = n$.

Таким образом, в общем случае n бинарных факторов задача классификации типов совместного действия имеет точную постановку и полное решение. При этом задание только размерности задачи (числа бинарных факторов) недостаточно для построения соответствующей классификации. Например, даже в случае двух бинарных факторов количество способов классификации типов совместного действия равно 4 (группы диэдра D_8 , D_4 и симметрические группы S_3 и S_4 – см. [3]). Для общего случая n бинарных факторов это число также можно указать, основываясь на теоремах 1 и 2 или на прямом подсчете числа подгрупп полной группы автоморфизмов булевой алгебры от n переменных, каждая из которых удовлетворяет некоторым естественным требованиям [2, 3].

В заключение в качестве иллюстрации трудностей, возникающих при попытках содержательной трактовки типов совместного действия факторов при числе факторов больше двух, приведем следующую теорему (типы совместного действия для трех бинарных факторов классической теории достаточных причин).

Теорема 3. Действие группы Oct_3 на булеву алгебру $B(x_1, x_2, x_3)$ приводит к разбиению последней на 22 орбиты, представляемые следующими булевыми функциями (угловые скобки означают множество, порожденное данной функцией):

$$\begin{aligned}
&\langle 0 \rangle, \langle 1 \rangle, \langle x_1 \rangle, \langle x_1 \vee x_2 \rangle, \langle x_1 \vee x_2 \vee x_3 \rangle, \\
&\langle x_1 x_2 \rangle, \langle x_1 x_2 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \rangle, \langle x_1 \vee x_2 x_3 \rangle, \\
&\langle x_1 \vee x_2 x_3 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \rangle, \langle x_1 x_2 \vee x_1 x_3 \rangle, \langle x_1 x_2 \vee \bar{x}_1 x_3 \rangle, \\
&\langle x_1 x_2 \vee x_1 x_3 \vee x_2 x_3 \rangle, \langle x_1 x_2 \vee \bar{x}_1 x_3 \vee x_2 x_3 \rangle, \langle x_1 x_2 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \vee x_2 x_3 \rangle, \\
&\langle x_1 x_2 x_3 \rangle, \langle x_1 x_2 x_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \rangle, \langle x_1 x_2 x_3 \vee x_1 x_2 \bar{x}_3 \rangle, \langle x_1 x_2 x_3 \vee x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 \rangle, \\
&\langle x_1 x_2 x_3 \vee x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 \rangle, \langle x_1 x_2 x_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \rangle, \\
&\langle x_1 x_2 x_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \rangle, \langle x_1 x_2 x_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_3 \rangle
\end{aligned}$$

Пожалуй, единственными функциями, о которых можно сказать, что их характер комбинированного действия интерпретируем, являются константы 0, 1, однофакторные функции x_i и конъюнкции $x_i x_j$. Даже дизъюнкции $x_i \vee x_j$ и $x_i \vee x_j \vee x_k$ имеют неоднозначное толкование [1-3]. В остальных случаях интерпретация этих функций с точки зрения общепринятых эпидемиологических категорий (синергизм, антагонизм, аддитивность, однофакторное действие) вряд ли возможна. Представляется, что любая такая характеристика потребует расширения списка трактуемых типов комбинированного действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панов В.Г. К вопросу определения типа взаимодействия двух бинарных факторов в подходе достаточных причин. // Материалы V Международной научной конференции «Системный анализ в медицине». Благовещенск, 2011. С. 19-22.
2. Панов В.Г., Нагребецкая Ю.В. Алгебраическая трактовка двухфакторной теории достаточных причин // Труды СПИИРАН. 2013. №26. С. 277-296.
3. Panov V.G., Nagrebetskaya J.V. Boolean algebras and classification of interactions in sufficient-component cause model // Int. J. Pure Appl. Math. 2015. Vol. 98(2). P. 239-259.

E-mail: vpanov@ecko.uran.ru

© 2015 г. **Е.А. Попова¹**, канд. физ.-мат. наук

Е.Л. Вассерман^{1,2,3}, канд. мед. наук; **Н.К. Карташев^{1,4}**;

¹*Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН,*

²*Российский государственный педагогический университет им.*

А.И. Герцена, ³*Санкт-Петербургский государственный университет,*

⁴*Санкт-Петербургская клиническая больница РАН*

ДИХОТИЧЕСКОЕ ПРОСЛУШИВАНИЕ РЕЧИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СТАТИСТИКИ: ГИПЕРГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СЛУЧАЙНЫЕ БЛУЖДЕНИЯ

Процедура дихотического прослушивания речи рассмотрена с точки зрения классической статистики. По результатам намечены пути её оптимизации. Выводы проверены на данных обследований трёх взрослых волонтеров и 48 мальчиков и девочек в возрасте от четырех до шестнадцати лет.

Ключевые слова: дихотическое прослушивание, латерализация, случайное блуждание, гипергеометрическое распределение.

© 2015 **Е.А. Popova¹**, **E.L. Wasserman^{1,2,3}**, **N.K. Kartashev^{1,4}**

¹*St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of Russian Academy of Sciences,*

²*St. Petersburg State University,* ³*Herzen State Pedagogical University of Russia,*

⁴*St. Petersburg Clinical Hospital of Russian Academy of Sciences*

A STATISTICAL VIEWPOINT ON DICHOTIC LISTENING OF SPEECH: RANDOM WALK OR HYPERGEOMETRIC DISTRIBUTION

Method of dichotic listening of speech is analyzed with classical statistics apparatus. Ways of its optimization are suggested. Conclusions are tested on dichotic listening data of 48 children (4-16 years old) and 3 adults.

Key words: dichotic listening, lateralization, random walk, hypergeometric distribution.

Дихотическое прослушивание (ДП) речи — неинвазивный метод определения преимущественной латерализации речевых функций в большом мозге. На каждом шаге процедуры ДП вычисляется значение индекса латеральности (ИЛ). Знак ИЛ позволяет судить о преимущественной латерализации речевых функций, а абсолютная величина — о её выраженности [1]. Значение ИЛ получают на основе подсчёта приоритетно распознанных стимулов, предъявленных в правое (R) и левое (L) уши. Ранее нами была поставлена задача [2] научиться в ходе обследования определять возможность или невозможность сократить общее число предъявляемых стимулов без

ущерба для информативности обследования. В настоящем исследовании мы пытаемся решить эту задачу в рамках классической статистики. Для проверки наших предположений мы использовали данные ДП трех взрослых здоровых волонтеров 30, 37 и 49 лет, а также 40 мальчиков в возрасте 4-16 лет и 8 девочек 4-13 лет, полученные в ходе лабораторного и клинического использования разработанной нами программы для ЭВМ [3].

Рассмотрим гипергеометрическое распределение в роли статистической модели ДП. Генеральной совокупностью при этом выступает весь стимульный материал (далее рассматривается наиболее распространенный вариант 36 пар двухбуквенных слогов). Нам необходимо определить размер n выборки – усеченной совокупности стимульного материала, позволяющий с допустимой погрешностью сделать суждения о параметре генеральной совокупности. Для этого необходимо задаться предельной ошибкой ε выборки и выбрать величину доверительной вероятности $P=1-\alpha$ или уровень значимости α . Таким образом, заранее выбирается допустимая ширина доверительного интервала. В классической статистике есть формула, связывающая n , P и ε [4]. Из неё выводится формула для определения искомого размера выборки:

$$n = \frac{z^2 p^* (1 - p^*) N}{z^2 p^* (1 - p^*) + \varepsilon^2 (N - 1)}. \quad (1)$$

Здесь N – размер генеральной совокупности; p^* – выборочная оценка доли R ; z определяется из равенства $2\Phi(z) = 1-\alpha$.

В формулу (1) входит p^* , определяемая по результатам выборки. Если речь идет об определении n до осуществления выборки, то p^* неизвестна. В случае, когда дополнительно имеются некоторые предположения относительно p , можно использовать схему последовательных приближений для поиска p генеральной совокупности и ИЛ.

Однако формула (1) не подходит для случая малой выборки. Схема последовательных приближений подразумевает проведение, по крайней мере, двух выборок, что сопоставимо с проведением полного ДП. При $N=36$ для $\alpha=0,05$ и ошибки $\varepsilon = 0,1$ максимально рекомендуемый размер выборки оказался равен 26. Если точность увеличить, например, принять $\alpha=0,01$ и $\varepsilon = 0,01$, то наибольший размер рекомендуемой выборки окажется равен размеру генеральной совокупности, т.е. 36. Что говорит о возможности усечения стимульного ряда, только если допустима довольно низкая точность оценки ИЛ генеральной совокупности. Допущения при выводе (1) и неста-

бильность ИЛ (ряд пар слогов 15 обследуемым предъявлялся более одного раза и в 14 случаях наблюдалось изменение реакции хотя бы на одну пару слогов) приводят к сложно оцениваемым погрешностям ИЛ генеральной совокупности. Поэтому данный метод выбора размера выборки рекомендуется использовать, если важна только качественная оценка ИЛ.

Рассмотрим другую модель ДП. Если, предъявляя пару слогов при ДП, отмечать на графике текущее значение $(R + L, R - L)$, то предъявление полного набора пар слогов образует на графике траекторию частицы $D(R + L, R - L)$. Условимся считать вероятность того, что приоритетно распознан будет слог, предъявленный в правое (левое) ухо, постоянной по ходу ДП и равной 0,5. До начала предъявления пар слогов, при $n \equiv R + L = 0$, частица находится в начале отсчёта, а при каждом предъявлении ($n = 1, 2, 3, \dots$) совершает перемещение на единицу вверх или вниз. Предположение о равной вероятности перемещения вверх и вниз позволяет считать, что частица совершает простое симметричное случайное блуждание на прямой [5, 6].

Пусть случаю предъявления всей группы пар слогов соответствует конечное положение частицы – точка $B(N, R_N - L_N)$. Точка $A(n_0, R_0 - L_0)$ есть некоторое промежуточное положение, достигнутое по пути из $(0, 0)$ в точку $B(N, R_N - L_N)$. Тогда можно утверждать, что с вероятностью 100% значение ИЛ по предъявлению всех N пар слогов принадлежит интервалу

$$\left[\frac{(R_0 - L_0) - (N - n_0)}{N} 100\%; \frac{(R_0 - L_0) + (N - n_0)}{N} 100\% \right].$$

Кроме того, можно рассчитать вероятности, полезные при определении значения ИЛ генеральной совокупности. Например, вероятность того, что значение ИЛ, полученное на n_0 испытании, будет совпадать с эталонным (полученным в конечной точке $B(N, R_N - L_N)$), равна

$$P\left(\frac{(R_0 - L_0)}{n_0} = \frac{(R_N - L_N)}{N}\right) = \frac{C_{N-n_0}^{\frac{(N-n_0)}{2} \left(1 + \frac{R_0 - L_0}{n_0}\right)}}{2^{N-n_0}}.$$

Вероятность же того, что $(R - L)$ за всё время испытаний не превысит положительного значения $(R_k - L_k)$, равна $(R_k - L_k)/N$.

Таким образом, в случае моделирования метода ДП как случайного блуждания на этапе расчёта не вносится погрешность в определение интервала изменения значения ИЛ. Нет ограничений на минимально проводимое

число предъявлений стимулов. Использование случайного блуждания как модели ДП помогает определить точные границы ИЛ генеральной совокупности по ИЛ текущего неполного ДП и принять решение о возможности редуцирования стимульного ряда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Handbook of Dichotic Listening: Theory, Methods, and Research / K. Hugdahl (Ed.). New York: John Wiley & Sons, 1988.
2. Wasserman E., Kartashev N. Dichotic listening: computer implementation, methodical problems, and modeling prospects // The Third International Conference «Problems of Cybernetics and Informatics» (PCI'2010), September 6-9, 2010, Baku, Azerbaijan. Baku: Elm, 2010. Vol. 1. P. 106-109.
3. Программа для проведения психофизиологических исследований с дихотическим предъявлением звуковых стимулов «Дихотик 2»: Свидетельство №2013616284 о гос. регистрации программы для ЭВМ от 02.06.2013 / Н.К.Карташев, Е.Л.Вассерман; правообладатель ФГБУН Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН.
4. Четыркин Е.М., Калихман И.Л. Вероятность и статистика. М.: Финансы и статистика, 1982.
5. Колмогоров А.Н., Журбенко И.Г., Прохоров А.В. Введение в теорию вероятностей. М.: Наука, 1982.
6. Ширяев А.Н. Вероятность. В 2-х кн. М.:МЦНМО, 2004.

E-mail: lbmi@spiiaras.ru

©2015 г. **Т.В. Матюшев**, д-р биол. наук; **М.В. Дворников**, д-р мед. наук
*Центральный научно-исследовательский институт
Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации,
Московская область, г. Щелково*

МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГАЗООБМЕНА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ

На основе имитационной модели респираторной системы человека разработана математическая модель динамики основных показателей газообмена человека, пребывающего в условиях гипоксии; адекватность разработанной модели подтверждена результатами экспериментальных исследований.

Ключевые слова: моделирование газообмена, моделирование респираторной системы, моделирование гипоксических состояний.

T.V. Matyushev, M.V. Dvornikov

*Central Scientific and Research Institute of Military Air Forces of RF Defense Ministry,
Moscow region, Shchelkovo*

**MODEL OF GAS EXCHANGE PARAMETRES DYNAMICS IN THE TIME
OF HYPOXIC HYPOXIA**

On the basis of imitation model of the respiratory system of a man, a mathematical model of dynamics of main gas exchange parameters under hypoxia is developed; the developed model is confirmed by the results of experimental studies.

Key words: gas exchange modeling, respiratory system modeling, hypoxic states modeling.

Для разработки алгоритмов, направленных на обеспечение работоспособности человека в условиях гипоксической газовой среды, необходима математическая модель динамики состояния человека в условиях гипоксической гипоксии, связывающая физиологические характеристики состояния с параметрами газовой среды.

В ранее выполненных работах нами и другими авторами разрабатывалась концепция базовой имитационной модели респираторной системы человека. На основе этой модели газообмена реализована математическая модель и выполнено моделирование динамики основных показателей газообмена при пониженной концентрации кислорода и сопоставление их с экспериментальными данными.

Задачами вычислительного эксперимента являлись: математическое моделирование динамики показателей газообмена в условиях гипоксии; имитация процесса десатурации крови вследствие воздействия гипоксии; анализ адекватности модели.

Следует подчеркнуть, что эти задачи являются взаимосвязанными и взаимозависимыми, что потребовало их совместного решения.

При разработке методики вычислительного эксперимента исходили из того, что система газообмена организма является нелинейной и нестационарной, она представляет наиболее сложный вариант динамической системы, включающей комбинацию многочисленных областей сложной конфигурации, в которых движутся потоки массы и энергии. Построение адекватной натурным условиям модели газообмена требует учета сложного строения, функциональной неоднородности легких и динамики, протекающих в них процессов массопереноса газов, а также динамики процессов газообмена в тканях и органах. Реализация такой полной модели затруднительна,

поскольку число элементов нижнего уровня иерархии составляет несколько тысяч. Возникающие трудности связаны как с проблемой выбора метода моделирования, так и с систематизацией исходной информации, необходимой для его проведения. Очевидно, что большое количество кровеносных сосудов в организме делает невозможным конструирование общей модели по принципу «сборки» частных моделей для каждого сегмента в отдельности. Реален иной путь, при котором физиологическая система организма и ее параметры, с учетом моделей отдельных участков основных типов, описываются ограниченным набором интегральных характеристик, подобно тому, как количественное описание движения отдельных молекул жидкости заменяется их описанием «в среднем» – через температуру, давление, плотность и т.д. Поэтому, разработка математической модели респираторной системы неизбежно связана с использованием ряда допущений и ограничением числа характеристик состояния объекта.

Созданная комплексная модель газообмена объединяет следующие частные модели:

- базовую биофизическую модель системы газообмена;
- модель физико–химических свойств крови и кислотно-щелочного баланса (в качестве базовых теоретических построений для модели газопереноса кровью были использованы эмпирические алгоритмы расчета из модели Н.М.Амосова);
- модель пассивных механизмов (в качестве базовых теоретических построений использованы уравнения материального баланса в легких из модели Ф.Гродинза);
- модель химической регуляции, на основе которой рассматривались свойства полной модели.

В основу формализованного описания газообмена положена концепция разделения механизмов регуляции на пассивную и активную подсистемы.

Пассивные механизмы регулируют комплекс взаимосвязанных физико-химических процессов формирования концентраций кислорода, углекислого газа (CO_2) и кислотности крови (pH) с учетом буферной бикарбонатной системы, а также эффектов Холдена, Бора-Вериго и влияния углекислого газа на кислотность крови.

Пассивная регуляция газообмена человека включает механизмы:

- внешнего или легочного дыхания, осуществляющего газообмен между наружной и внутренней средой организма (между воздухом и кровью);

– внутреннего газообмена, функцию, которого выполняют кровь и гемодинамика, обеспечивающие транспорт газов к тканям и от них, а также рациональное распределение крови в организме.

Модель внутреннего газообмена включала описание процессов взаимодействия крови как специфической газотранспортной среды и внутреннего или тканевого дыхания, осуществляющего непосредственный процесс клеточного окисления. Соответственно комплексная модель пассивных механизмов регуляции внутреннего газообмена включала модель общих закономерностей динамики газового состава и кислотно-щелочного состояния крови и модель транспорта газов.

Активные механизмы регулируют комплекс процессов, участвующих в формировании изменений легочной вентиляции в зависимости от значений парциальных давлений кислорода и азота, а также кислотности артериальной крови.

На основании изложенного, легкие рассматривались как единая газообменная система: замкнутая среда переменного объема, в которой действуют процессы перемешивания и имеются источники и стоки газов, обусловленные особенностями газообмена и движением потоков крови.

Воспользовавшись представлением о системе газообмена как о совокупности функционально независимых последовательно соединенных участков, построение базовой модели заключалось в выполнении этапов:

- 1) разбиение на однородные объемы;
- 2) описание динамики обмена газами в отдельном объеме;
- 3) расчет основных показателей газообмена.

Вычислительный эксперимент выполнялся в среде программирования MatLab (для решения дифференциальных уравнений использовался метод Рунге-Кутты-Фехлберга).

Сопоставление результатов вычислительного эксперимента с экспериментальными данными показало, что относительная погрешность моделирования составляет меньше 10%. Различия объясняются типологическими особенностями, отражающимися на индивидуальных реакциях газообмена. Учитывая методическую погрешность экспериментальных данных можно утверждать, что расчетные величины показателей гемодинамики совпадают с экспериментальными данными в пределах допустимой погрешности моделирования.

Таким образом, исследования модели показали ее адекватность дан-

ным физиологических исследований, пригодность для анализа достаточно сложных процессов регуляции газообмена человека в условиях гипоксии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А., Дворников М.В. Математическое моделирование динамики гипоксических состояний человека // Программные продукты и системы. 2013. №2. С. 40.
2. Кислова Ю.В., Богомолов А.В., Солошенко Н.В. Математическое моделирование реакций сердечно-сосудистой системы человека при кровопотере и гипотермии // Медицинская техника. 2006. №4. С. 10-13.
3. Матюшев Т.В. Математическая модель пассивных механизмов регуляции респираторной системы организма // Биомедицинская радиоэлектроника. 2010. №5. С. 26-33.
4. Матюшев Т.В., Дворников М.В. Имитация влияния повышенной концентрации двуокиси углерода на газообмен человека на основе математической модели респираторной системы // Биомедицинская радиоэлектроника. 2011. №12. С.49-58.
5. Матюшев Т.В., Дворников М.В., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А., Поляков А.В. Математическое моделирование динамики показателей газообмена человека в условиях гипоксии // Математическое моделирование. 2014. Т.26, №4. С. 51-64.
6. Матюшев Т.В., Дворников М.В., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Управление длительностью десатурации членов экипажа пилотируемых космических объектов с использованием математического моделирования // Мехатроника, автоматизация, управление. 2014. №2. С. 45-52.
7. Матюшев Т.В., Никифоров Д.А. Обоснование и разработка алгоритма пассивных механизмов внешнего дыхания человека // Ученые заметки ТОГУ. 2010. Т. 1, № 1. С. 74-78.
8. Матюшев Т.В., Степанов В.К., Дворников М.В., Рыженков С.П. Математический анализ основных закономерностей газового обмена и кислотно-щелочного состояния крови // Клиническая физиология кровообращения. 2008. №3. С. 74-79.

E-mail: kukushkinya@gmail.com

Л.С. Адаменко¹, Н.П. Семичевская¹, канд. техн. наук,
Л.Г. Манаков², д-р мед. наук

Амурский государственный университет, Дальневосточный центр физиологии и патологии дыхания, Благовещенск

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ В МЕДИЦИНСКОЙ СТАТИСТИКЕ

Одним из важных аспектов информатизации в области медицины является анализ организации системы здравоохранения, выявление ее недостатков и преимуществ, оценка географических факторов здоровья населения. Поэтому одним из компонентов медицинской информационной системы должна выступать медицинская географическая информационная система. В данной статье приводится описание программного продукта, позволяющего выполнять статистический анализ медицинских данных и их картографическую визуализацию.

Ключевые слова: прикладная статистика, визуализатор, ГИС

Adamenko Lada¹, Semichevskaya Natalia¹, Manakov Leonid²

¹Amur State University, ²Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration, Blagoveshchensk

VISUALIZATION OF MEDICAL STATISTICS

Analysis of the health system, identification of advantages and disadvantages, assessment of geographical factors of population health are the most important aspects of informatisation in medicine. Medical GIS is a component of medical information system. This article describes a software product that allows performing statistical analysis and cartographical visualization of medical data.

Key words: applied statistics, visualize, GIS

Методы прикладной статистики применяются в различных областях человеческой деятельности. Основная цель применения статистических методов – сведение к минимуму случайных ошибок в научном, практическом, хозяйственном и других исследованиях. В медицине термин «статистика» имеет более общий смысл и означает большой набор численных методов, позволяющий решать задачи и оценивать результаты в этой предметной области. [1]

Отраслевая медицинская статистика имеет свои специфические разделы: статистика системы здравоохранения, статистика здоровья населения и др. Статические данные в медицине могут быть представлены как количественными (переменная принимает числовое значение – рост, масса, часто-

та пульса), так и качественными (обозначение состояния объекта – пол, диагноз) переменными [2].

К показателям статистики можно отнести:

- показатели разброса (разброс данных относительно центральной тенденции);
- показатели положения (минимум, максимум, среднее);
- графическое представление результатов (гистограммы, диаграммы).

Данные показатели используются абсолютно во всех сферах анализа.

Разделы медицинской статистики:

- общетеоретические и методические основы статистики,
- статистика здоровья населения,
- статистика здравоохранения.

В настоящее время существует разнообразное статистическое программное обеспечение общего и специализированного назначения. Использование программ для статистического анализа предполагает знание этапов анализа: их последовательности, необходимости и достаточности. Наиболее известными и простыми в использовании являются *MS Excel*, *Calc* от *OpenOffice*.

Все имеющиеся программные продукты позволяют выводить различные показатели. Однако ни один пакет не предоставляет пользователю возможность вывести данные в виде географической карты. Подобные визуализаторы используются в ГИС, что позволяет сделать исследование более наглядным и понятным. Это было бы особенно удобно при анализе уровней заболевания, смертности, численности населения, эти показатели используются в медицинской статистике. К тому же, особенностью любого пакета статистических задач является выдача большого объема информации, которая описывает результат анализа в виде графиков, диаграмм и таблиц. В этой ситуации, пользователь, не имеющий достаточной подготовки, не способен все сразу воспринять и проанализировать.

Создание программного продукта, объединяющего эти требования, позволило бы упростить работу сотрудников в сфере здравоохранения. В качестве примера выбраны разработанные карты с нанесенными данными по районам Амурской области, в качестве показателей использованы показатели положения (т.е. на экран выводятся минимальное, максимальное и среднее значения). Вывод карты региона осуществляется в отдельном окне, причем используется расшифровка данных, нанесенных на карту [3].

Пакет служит для изучения состояния общественного здоровья населения в целом и его основных групп на основе сбора и анализа статистиче-

ских данных о численности и составе населения, физическом развитии, распространенности и длительности различных заболеваний; выявления и установления связей общего уровня заболеваемости и смертности от каких-либо отдельных болезней с различными факторами окружающей среды;

На рисунке 1 представлено окно такого программного продукта.

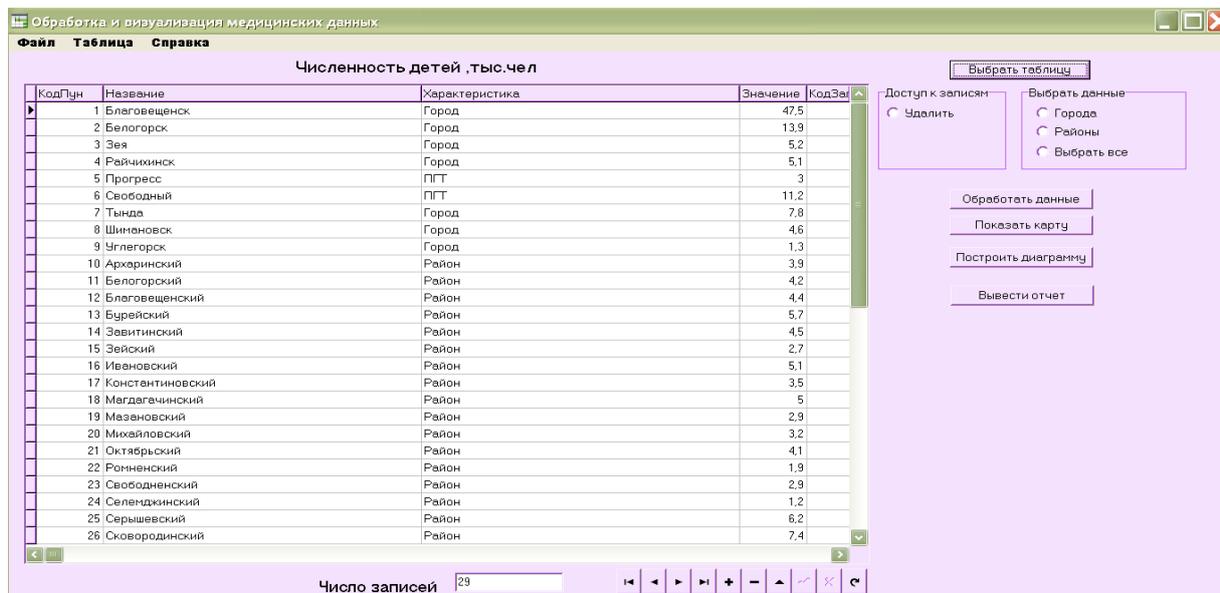


Рис. 1 – Окно программы.

Рисунок 2 – окно с изображением карты, представляет собой визуализатор статистических данных.

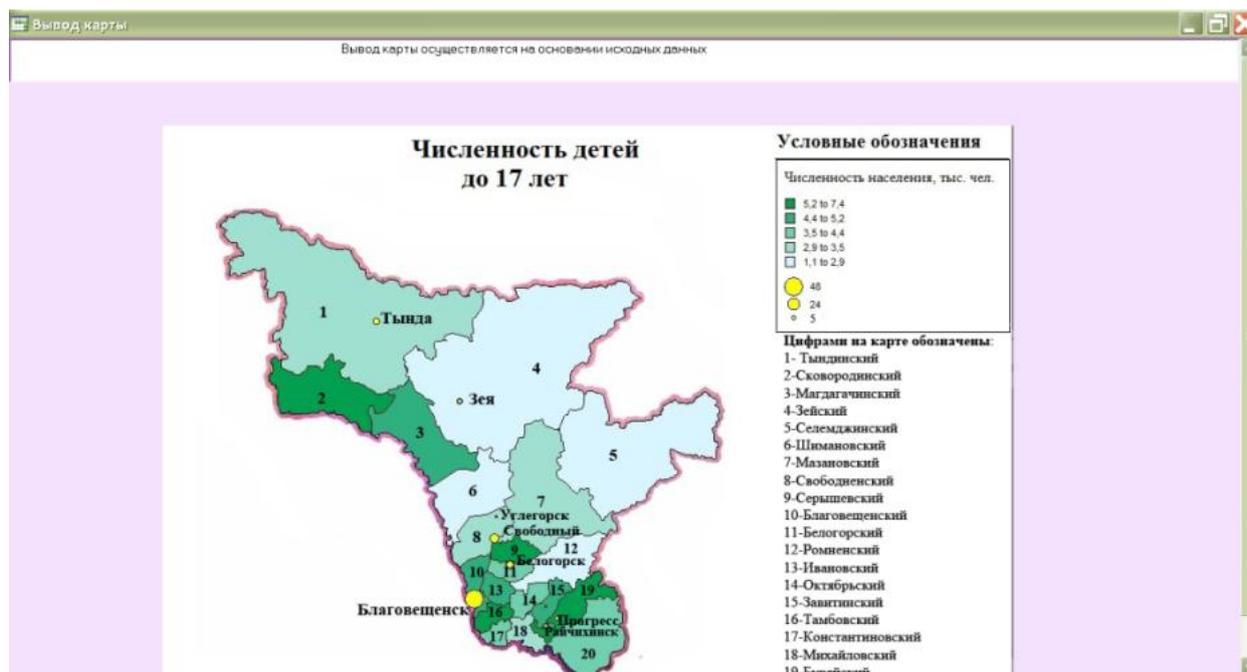


Рис. 2 – Окно для вывода карты.

На рисунке 3 показаны окна, выводящие результаты обработки данных – диаграмма и функции.

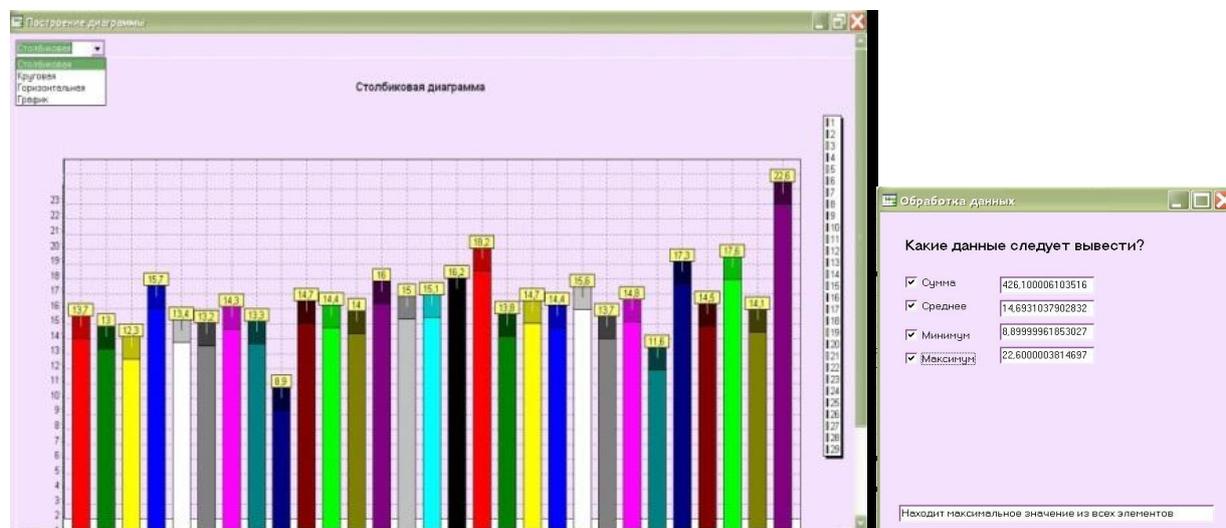


Рис. 3 – Окна, выводящие результаты обработки данных.

Представленный выше программный продукт имеет удобный пользовательский интерфейс, несложен в использовании и не требует особой подготовки сотрудников. Добавление новых функций, например, для изучения числовых данных о сети медицинских учреждений, для оценки эффективности мероприятий по предупреждению и лечению заболеваний позволит сделать продукт полнофункциональным и даст возможность получить свое применение в медицинских отделах, занимающихся статистическим анализом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев В. М., Лифляндский В. Г., Маринкин В. И. Прикладная медицинская статистика: учебное пособие. СПб ФОЛИАНТ, 2003. 8 с.
2. Кочетов А.Г. Методы статистической обработки медицинских данных: методические рекомендации для ординаторов и аспирантов медицинских учебных заведений, научных работников. М.: РКНПК, 2012. С. 4.
3. Агаркова О.А., Семичевская Н.П., Адаменко Л.С. Анализ медико-демографических процессов в Амурской области методом геостатистики // Материалы VIII Международной научной конференции "Системный анализ в медицине" (САМ 2014). Благовещенск, 2013. С. 259-262.

E-mail: ladasergeevna@mail.ru, npsem@mail.ru

М.Д. Алёхин, канд. техн. наук
*Московский государственный технический университет
им. Н.Э.Баумана, Москва*

РЕЗУЛЬТАТЫ БЕСКОНТАКТНОГО МОНИТОРИНГА ПАТТЕРНА ДЫХАНИЯ ВО СНЕ

Приведены результаты бесконтактного мониторинга паттерна дыхания во сне и рассмотрены характерные формы биорадиолокационных сигналов для задач медицинской диагностики: скрининг синдрома апноэ во сне; распознавание фаз быстрого (REM) и медленного (NREM) сна.

Ключевые слова: биорадиолокация, паттерн дыхания, апноэ, фазы сна.

M.D. Alekhin

Bauman Moscow State Technical University, Moscow

RESULTS OF NON-CONTACT MONITORING OF BREATHING PATTERN DURING THE SLEEP

The results of non-contact monitoring of breathing pattern during the sleep are shown and the typical forms of bioradiolocation signals for the aims of medical diagnostics are studied: sleep apnea syndrome screening, REM and NREM identification.

Key words: bioradiolocation, breathing pattern, apnea, sleep phases

Приоритетным направлением медицины сна является изучение нарушений дыхания во сне, характерных для многих заболеваний. Общеизвестным стандартом исследования в этой области является полисомнография, при которой осуществляется длительная регистрация комплекса функций организма. Результаты полисомнографического исследования дают информативную картину нарушений сна, но требуют применения большого числа контактных датчиков и сенсоров (рис. 1). Последнее обстоятельство негативно влияет на качество сна обследуемого, снижая диагностическую значимость полисомнографии.

Таким образом, применение бесконтактных методов в медицине сна является актуальным направлением [1]. Одним из таких методов является биорадиолокация, позволяющая осуществлять дистанционный мониторинг живых объектов (в том числе, и за оптически непрозрачными препятствиями) по результатам анализа специфической биометрической модуляции радиолокационного сигнала перемещениями органов и частей тела человека (рис. 1).



Рис. 1 – Подготовка добровольца к проведению эксперимента по синхронной регистрации данных полисомнографического и биорадиолокационного мониторинга.

Биорадиолокационный сигнал представляет собой совокупность низкочастотных высокоамплитудных составляющих (обусловленных дыхательными движениями) и высокочастотных низкоамплитудных составляющих (наличие которых связано с колебаниями кожных покровов в результате сердечных сокращений). В большинстве практических медицинских приложений биорадиолокационные сигналы являются нестационарными со значительной долей внутривидовой вариабельности (рис. 2).

Ранее в трудах отечественных и зарубежных ученых была показана перспективность применения технологии биорадиолокации для задач бесконтактного мониторинга сна. В результате выполнения комплекса исследований автором было разработано математическое обеспечение интеллектуального анализа нестационарных биорадиолокационных сигналов на основе совместного применения вейвлет-преобразования и нейросетевого классификатора с определением их оптимальных структурно-параметрических свойств, позволившее впервые решить задачу автоматизированного распознавания паттернов в бесконтактном скрининге расстройств дыхания во сне [2].

Исследование эффективности предложенных методов и алгоритмов распознавания осуществлялось на клинически верифицированном массиве биорадиолокационных сигналов, собранном при параллельном проведении полного стандартного полисомнографического исследования, как для пациентов с различной степенью тяжести синдрома апноэ, так и для испытуемых без выявленных нарушений дыхания во сне [3]. Оценка качества диа-

гностики метода биорадиолокации по сравнению с полисомнографией в бесконтактном скрининге синдрома апноэ на основе расчета значений чувствительности и прогностической ценности положительного решения о наличии нарушений дыхания во сне удовлетворяет медицинским рекомендациям.

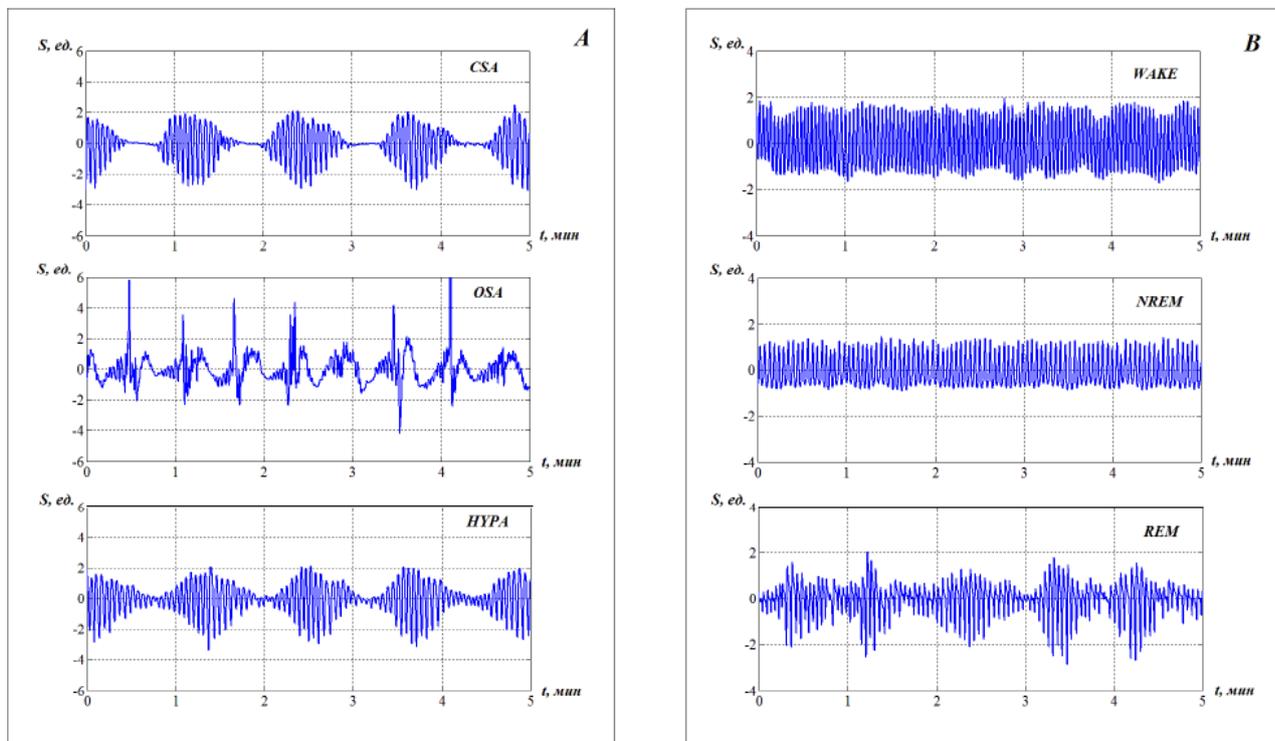


Рис. 2 – Характерные формы биорадиолокационных сигналов после предварительной обработки в задаче скрининга синдрома апноэ во сне (А – эпизоды нарушений дыхания во сне: CSA - центральное апноэ; OSA - обструктивное апноэ; HYPА – гиппноэ) и распознавания фаз сна (В - нормальное состояние: WAKE - бодрствование; NREM - фаза медленного сна; REM - фаза быстрого сна).

Результаты верификации биорадиолокации со стандартной респираторной плетизмографией во временной и частотной областях на основе расчета обобщенных характеристик взаимных корреляционно-спектральных функций сигналов для обоих методов подтвердили корректность использования технологии биорадиолокации в задачах бесконтактной медицинской диагностики [4].

В результате проведения комплекса исследований впервые было осуществлено теоретико-экспериментальное обоснование возможности распознавания фаз быстрого (REM) и медленного (NREM) сна в принимаемом биорадиолокационном сигнале на основе анализа паттерна дыхания (рис. 2).

Предложена оригинальная методика бесконтактной диагностики на основе технологии биорадиолокационной сомнографии, имеющая существен-

ное практическое значение, как для медицины сна, так и для спортивной, восстановительной, авиакосмической и военной медицины [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Алёхин М.Д., Анищенко Л.Н., Журавлёв А.В. Метод биорадиолокации в бесконтактной скрининговой диагностике расстройств дыхания во сне // Труды V междунар. конф. «Системный анализ в медицине». 2011. С. 105-108.
2. Алёхин М.Д. Процедура определения оптимальных параметров вейвлет-преобразования и нейросетевого классификатора для повышения эффективности распознавания паттернов нестационарных биорадиолокационных сигналов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2012. №6. С. 46-54.
3. Алёхин М.Д., Анищенко Л.Н., Журавлев А.В., Ивашов С.И., Коростовцева Л.С., Свиричев Ю.В., Конради А.О., Парашин В.Б., Богомолов А.В. Исследование диагностической информативности биорадиолокационной пневмографии в бесконтактном скрининге синдрома апноэ во сне // Медицинская техника. 2013. №2. С.36-38.
4. Алёхин М.Д., Анищенко Л.Н., Журавлев А.В., Дьяченко А.И. Методы взаимного корреляционно-спектрального анализа в сравнении данных биорадиолокации и респираторной плетизмографии // Биомедицинская радиоэлектроника. 2012. №8. С. 3-10.
5. Алёхин М.Д. Технология бесконтактного мониторинга состояния операторов эргатических систем // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2014. №1. С. 3-7.

E-mail: maksim.alekhin@gmail.com

УДК 681.327.12.001.362

© 2015 г. **Н.С. Безруков**, канд. техн. наук, **М.И. Шматок**, канд. мед. наук,
*Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания,
Благовещенск*

НОВЫЙ СПОСОБ РЕГИСТРАЦИИ АКТИВНОСТИ РЕСНИЧЕК МЕРЦАТЕЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ²

Предложен способ регистрации активности ресничек мерцательного эпителия дыхательных путей. Разработан прибор для регистрации и алгоритмы фиксации изображения и регистрации движения ресничек мерцательного эпителия.

Ключевые слова: мерцательный эпителий, обработка изображения.

² Работа поддержана грантом Российского научного фонда (№ 14-25-00019).

N.S. Bezrukov, M.I. Shmatok

Far-Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration,
Blagoveshchensk

NEW METHOD OF REGISTRATION OF CILIA ACTIVITY OF AIRWAY CILIA EPITHELIUM

The method of registration of cilia activity of ciliate epithelium is suggested. The device for registration as well as algorithms of the image fixation and of registration of cilia movements of the cilia epithelium is developed.

Key words: ciliate epithelium, image processing.

В современной медицине лабораторное обследование больных имеет огромное значение, так как это позволяет не только быстро ориентироваться в диагнозе врачу, но и определить глубину и тяжесть патологического процесса. Обследованию подвергаются организм, его различные клетки, в том числе и мерцательный эпителий (МЭ) дыхательных путей [4, 5].

Известно, что нарушения цилиарной активности МЭ дыхательных путей в системе местной защиты легких являются одной из причин развития бронхиальной патологии [2, 3, 6]. При этом разработанные в настоящее время приборы для регистрации, технически устарели и требуют модернизации [7]. Принципиальная схема работы таких приборов показана на рис. 1, где в микроскоп помещается исследуемый объект, камера регистрирует подвижность ресничек МЭ, полученная запись передается в компьютер для анализа.

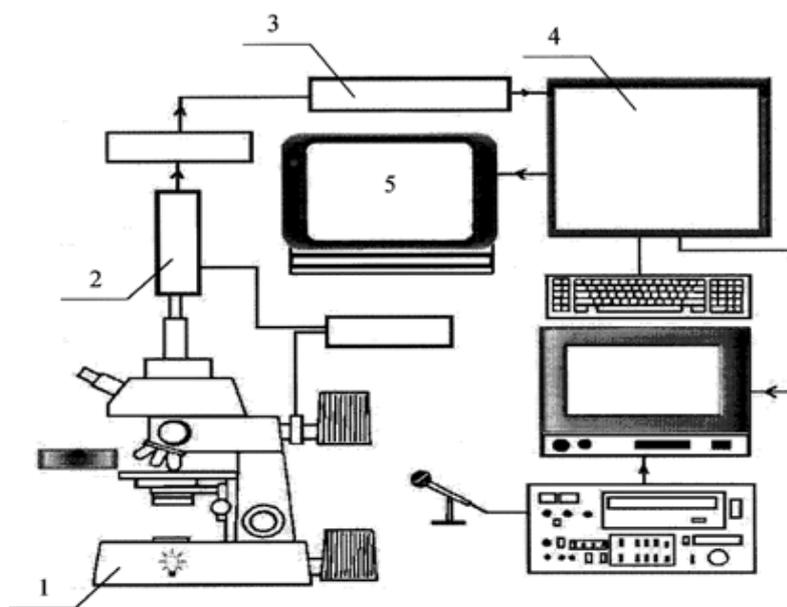


Рис. 1 – Аппаратный комплекс для исследования мукоцилиарного транспорта
1 - световой микроскоп, 2 - аналоговая видеокамера, 3 - плата записи и сжатия видеоизображения, 4 - компьютер, 5 - внешнее видеоконтрольное устройство.

Также между камерой и компьютером использовался анализатор подвижности биообъектов (типа Cilia-03-08), выступающий в качестве аналого-цифрового преобразователя. Данная схема включает в себя множество громоздких, устаревших элементов (патент на изобретение №2254805).

Использование такого оборудования в настоящее время, ставит под сомнение объективность полученных данных. Современные камеры со встроенной высокочувствительной цифровой полнокадровой матрицей высокого разрешения позволяют подавать цифровой сигнал напрямую в компьютер (рис 2.).

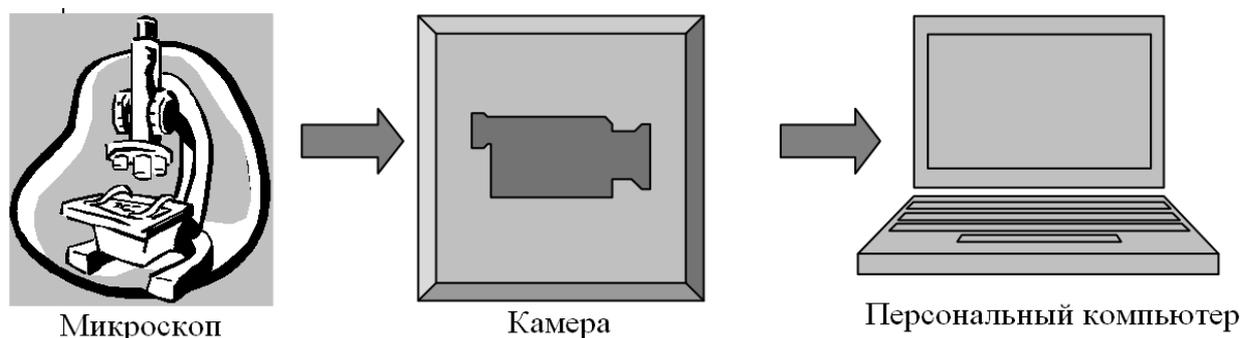


Рис. 2 – Принципиальная схема регистрации и обработки активности ресничек МЭ.

На основе схемы на рис. 2 разработан прибор, состоящий из:

- элементов микроскопа Micros (Austria) MC400A;
- оригинального оптического переходника;
- камеры Sony alpha 7r, записывающей видео в формате FullHD с частотой 50 кадр/с;
- компьютера на ОС WinXP и выше с ППП *Matlab*.

Для обработки полученного с камеры видеоизображения предложено разработать ряд алгоритмов, работа которых в совокупности позволит автоматизировать процесс регистрации активности ресничек МЭ:

1. Алгоритм фиксации изображения.
2. Алгоритм поиска ресничек МЭ на изображении.
3. Алгоритм регистрации движения ресничек МЭ.

В работе предлагается рассмотреть алгоритмы фиксации изображения и регистрации движения ресничек МЭ. Для реализации алгоритмов используется ППП *Matlab*, результативность которого для задач обработки изображения была продемонстрирована в работе [1]. Объективность полученных результатов анализировалась визуально путем покадровой разбивки видеоряда.

Алгоритмы регистрации активности ресничек МЭ

Любую видеозапись можно разбить на кадры, а любой кадр в ППП Matlab выступает в виде двумерной матрицы со строками и столбцами (рис. 3). В ячейках матрицы находятся значения серого цвета (grey). Для чтения видеозаписи и разбиения ее на кадры используется встроенная функция `mmreader`. Для демонстрации алгоритмов используется 4-секундная видеозапись, состоящая из 200 кадров с разрешением 1920x1080 пикселей.

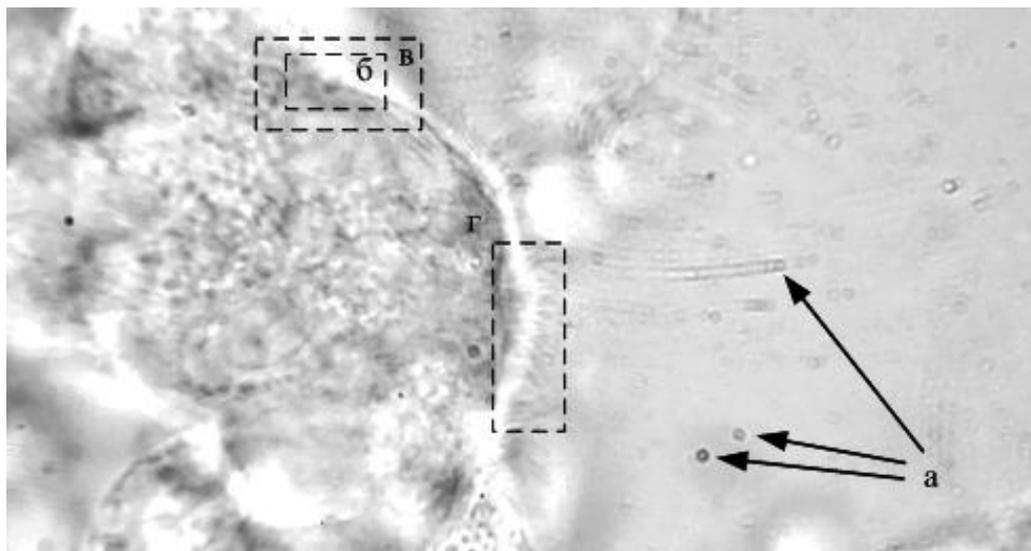


Рис. 3 – Кадр клетки мерцательного эпителия.

На записи присутствуют колебания видео картинки от внешних источников. Эти колебания накладываются на колебания ресничек МЭ, что может дать неверные результаты при анализе. При этом колеблется только изображение на столе микроскопа, тогда как артефакты на увеличительном стекле, линзе и камере остаются неподвижными (рис. 3, а). Поэтому разработан алгоритм фиксации изображения, состоящий из шагов:

1. Специалист фиксирует участок клетки. В выбранный участок не должны попадать неподвижные артефакты от линзы (рис. 3, а). В участке должен присутствовать перепад цвета, и участок должен присутствовать на всех кадрах.

2. Выбранный участок (рис. 3, б) ищется на всех кадрах методом наименьшего квадрата. Для уменьшения вычислительного процесса сканируется диапазон 20% от выбранного участка (рис. 3, в).

3. Результат поиска сохраняется в двумерном массиве, где каждая строка соответствует номеру кадра по порядку, а в столбцах находится результат поиска (начальные координаты найденного участка – столбец, строка).

4. У всех значений строк отнимается значение первой строки, в результате получается массив сдвига изображения.

Результат работы алгоритма представлен на рис. 4, где оси абсцисс соответствует номер кадра записи, а оси ординат соответствует сдвиг фиксируемого участка от первого кадра в пикселях. Сдвиг картинки достигает 10 пикселей, тогда как весь размер МЭ всего порядка 60 пикселей.

От всего изображения в записи реснички МЭ занимают участок менее 5%, который требуется анализировать. Поэтому специалист сам выбирает этот участок на видеоизображении с МЭ (рис.3, г).

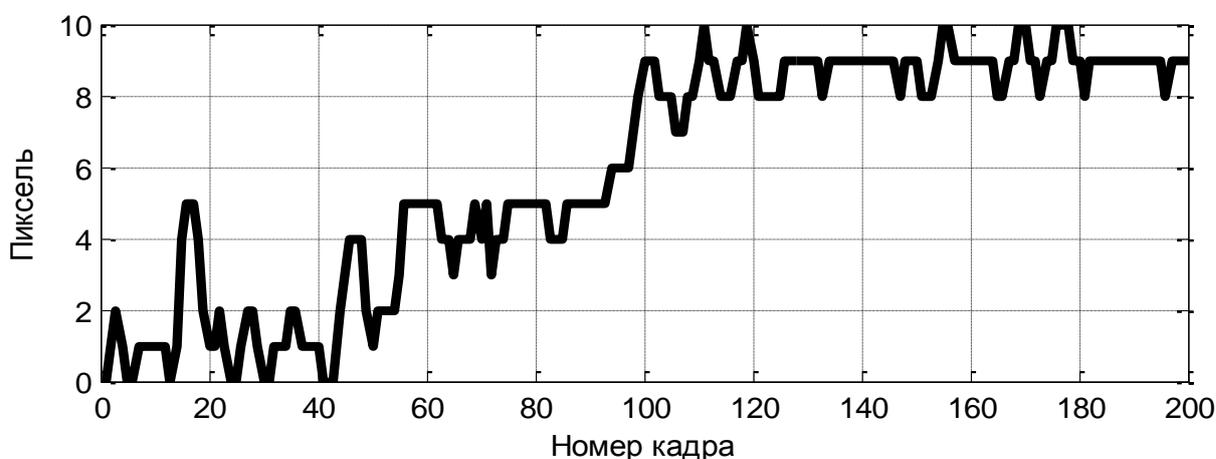


Рис. 4 – Динамика колебания изображения относительно первого кадра.

Поскольку в исследуемом участке реснички МЭ находятся в большой концентрации, и нет технической возможности повысить четкость изображения от микроскопа к камере, то наблюдение за единичной ресничкой МЭ не представляется возможным. На разных этапах движения реснички накладываются друг на друга или вовсе исчезают из поля видимости.

Поэтому предложено каждый пиксель, меняющий свой цвет во времени (с изменением кадра), рассматривать как гармонический сигнал с амплитудой и частотой. Частота гармонического сигнала численно равна частоте биения ресничек МЭ. Основываясь на этой гипотезе, разработан алгоритм регистрации движения ресничек МЭ, состоящий из шагов:

1. Формируется массив кадров, первый кадр выбирает специалист (рис. 3, г), а последующие – в том же месте с учетом массива сдвига изображения (алгоритм фиксации изображения, шаг 4).

2. Формируется множество гармонических сигналов для каждого пикселя выбранного участка изображения.

3. Для каждого гармонического сигнала, используя быстрое преобразование Фурье (в Matlab функция `fft`), рассчитывается спектр частот в диапазоне 1...50 Гц.

4. Находится частота с максимальной амплитудой, которая численно равна частоте биения ресничек МЭ.

Результат работы алгоритма, совместно с алгоритмом фиксации изображения, представлен на рис. 5, где сплошной линией изображено колебание цвета в пикселе (рис. 5, а) и спектр частоты этого колебания (черные гистограммы, рис. 5, б). В данном случае в спектре преобладает частота 5,75 Гц – частота биения ресничек МЭ.

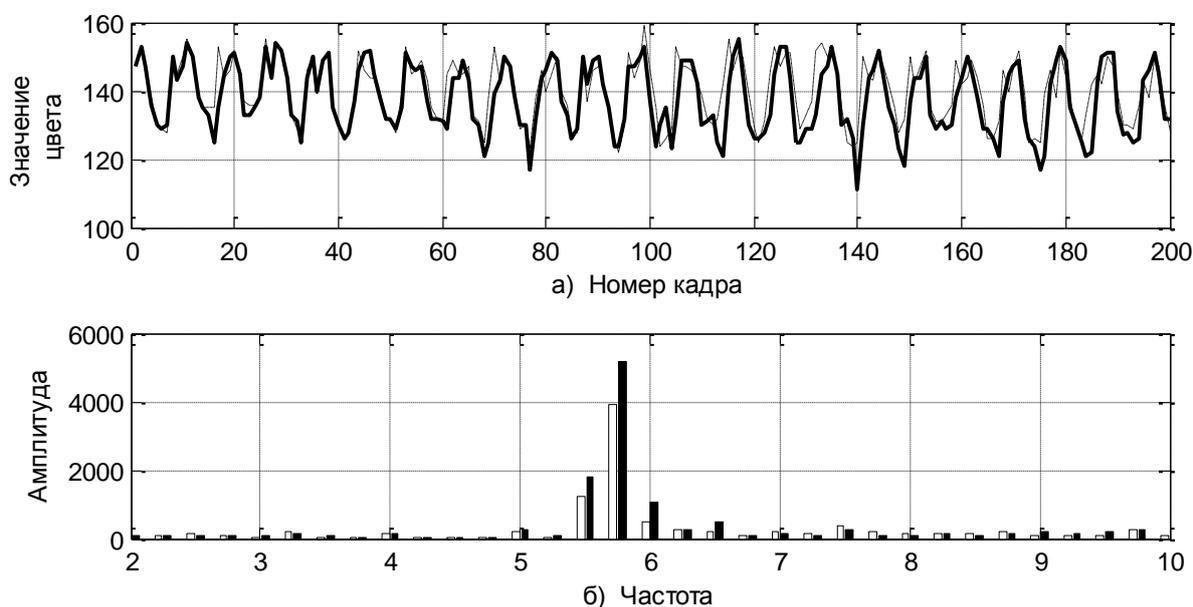


Рис. 5 – Колебание цвета в пикселе изображения (а).
Спектр частот колебания цвета в пикселе изображения (б)

Также на рис. 5 изображен результат работы алгоритма регистрации движения ресничек МЭ без алгоритма фиксации изображения. Пунктирной линией изображено наилучшее колебание цвета в пикселе (рис. 5, а) и спектр частоты этого колебания (белые гистограммы, рис. 5, б). Частота также численно равна 5,75 Гц (как и в первом случае), однако ее амплитуда на гистограмме имеет меньшее значение, т.е. колебания на графике менее выражены.

Заключение

Предложенный способ регистрации активности ресничек МЭ дыхательных путей позволяет определить частоту биения ресничек. Разработан прибор для регистрации активности МЭ состоящий из микроскопа, фотока-

меры (записывающей движение ресничек МЭ) и компьютера (осуществляющего анализ движения).

Разработаны алгоритм фиксации изображения, позволяющий компенсировать внешние колебания, и алгоритм регистрации движения ресничек МЭ, определяющий с помощью быстрого преобразования Фурье частоту биения ресничек. Технические параметры современной системной камеры, (частота и разрешение) позволили, после покадровой разбивки видеоряда, проанализировать и сопоставить полученные результаты для проверки эффективности данного метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безруков Н.С., Караванов Я.В. Способ обнаружения клеток на изображении сгустка крови // Информатика и системы управления. 2009. №2(24). С. 59-61.
2. Колосов В.П., Добрых В.А., Одиреев А.Н., Луценко М.Т. Диспергационный и мукоцилиарный транспорт при болезнях органов дыхания. Владивосток: Дальнаука, 2011. 276 с.
3. Одиреев А.Н. Клинико-морфофункциональные особенности мукоцилиарной системы у больных бронхиальной астмой при базисной противовоспалительной терапии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Благовещенск, 2004. 20 с.
4. Одиреев А.Н., Колосов В.П., Сурнин Д.Е. Диагностика мукоцилиарной недостаточности у больных хронической обструктивной болезнью легких // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2006. № S23. С.47-50.
5. Одиреев А.Н., Колосов В.П., Луценко М.Т. Новый подход к диагностике мукоцилиарной недостаточности у больных бронхиальной астмой // Сибирский научный медицинский журнал. 2009. Т. 29. № 2. С. 75-80.
6. Одиреев А.Н., Чжоу С.Д., Ли Ц., Колосов В.П., Луценко М.Т. Нарушения мукоцилиарного клиренса при бронхиальной астме // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2010. №37. С. 15-21.
7. Янов Ю.К., Захарова Г.П., Шабалин В.В. Моделирование движения ресничек мерцательного эпителия верхних дыхательных путей человека для оценки скорости мукоцилиарного транспорта // Российская оториноларингология. 2005. №3. С. 27-31.

E-mail: dncfpd@dncfpd.ru

© 2015 г. **В.И. Донцов**, д-р мед. наук, **В.Н. Крутько**, д-р техн. наук.,
О.А. Мамиконова, канд. техн. наук, **Т.М. Смирнова**, **В.В. Пырву**,
Н.С. Потемкина, канд. биол. наук, **С.И. Розенблит**
*Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук*

АЛГОРИТМЫ СОЗДАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ВРАЧЕЙ В АНТИ-ВОЗРАСТНОЙ МЕДИЦИНЕ

Представлены основные алгоритмы, принципы диагностики и блок-схемы для создания компьютерных систем информационной поддержки для врачей анти-возрастной медицины. Описаны возможности разработанных компьютерных систем

Ключевые слова: старение, диагностика старения, компьютерные системы в медицине, биологический возраст, диагностика здоровья.

**V.I. Dontsov, V.N. Krutko, O.A. Mamikonova, T.M. Smirnova, V.V. Pyrvu,
N.S. Potemkina, S.I. Rozenblit**
*Federal information center «Information and management» of Russian academy
of sciences, Moscow*

ALGORITHMS FOR CREATING COMPUTER SYSTEMS FOR INFORMATION SUPPORT IN ANTI-AGING MEDICINE

It is presented the basic algorithms, diagnostics, and block diagrams to create the computer systems of information support for anti-aging medicine and describes the capabilities developed by the computer systems

Key words: aging, aging diagnosis, computer systems in medicine, biological age.

Введение

Новое направление профилактической медицины – «*Anti-Ageing Medicine*» («Медицина антистарения») разрабатывает принципиально новые подходы и использует современные высокие технологии для снижения темпов старения человека с целью увеличения продолжительности активной, трудоспособной жизни и повышения качества жизни пожилых. Важнейшей проблемой является разработка количественных методов диагностики старения, психической и физической работоспособности и разработка современных информационных средств поддержки формирования эффективных программ в области профилактики старения и общего оздоровления. Сложность полноценной разносторонней диагностики с учетом возрастных из-

менений делает актуальной задачу автоматизация диагностики и обработки полученных данных и экспертно-информационной поддержки всего комплексного процесса формирования схем индивидуальной диагностики и профилактики старения.

Целью исследования является рассмотрение алгоритмов и конкретных возможностей созданных нами компьютерных систем для оценки биологического возраста, физического и психического здоровья, оценки и подбора рациона питания для целей профилактической и восстановительной медицины и использования в центрах Анти-возрастной медицины центрах здоровья, санаториях, профилакториях и различных учреждениях охраны здоровья.

Единые алгоритм и блок-схема информационных компьютерных систем для анти-возрастной медицины

Основной задачей в разработке и создании компьютерных программ для системы анти-возрастной медицины является разработка единой логически прозрачной блок-схемы и общей формы ввода данных, вывода и оценки результатов и ведения баз данных, удобной для практических целей и сохраняющей возможности дифференцировки согласно индивидуальным особенностям пациентов и конкретным задач практических пользователей программы.

Анализ существующих программ, а также опыта работы практических врачей, и оценка ими начальных вариантов наших компьютерных программ, позволили нам выработать следующий общий алгоритм для комплекса разработанных нами компьютерных программ (рисунок 1).

Мы остановились на выборе следующих компьютерных систем для оценки старения и общего состояния пациентов: диагностика биологического возраста, диагностика физической работоспособности, диагностика психической работоспособности, оценка и выбор оптимального рациона питания.

Программы предполагают индивидуальный учет данных клиентов, их физическую и психическую активность в обычной жизни, степень стрессоустойчивости, наличие профессиональных вредностей и экологию среды, занятия спортом, вкусы питания и др. Программы могут быть использованы как отдельно, так и совместно, для чего предусмотрен блок единого ввода основных анкетных данных клиента. Базы данных программ имеют сходный вид и могут быть выведены в формате, доступном для открытия в общепринятой для обработки различных данных программе *Excel*.

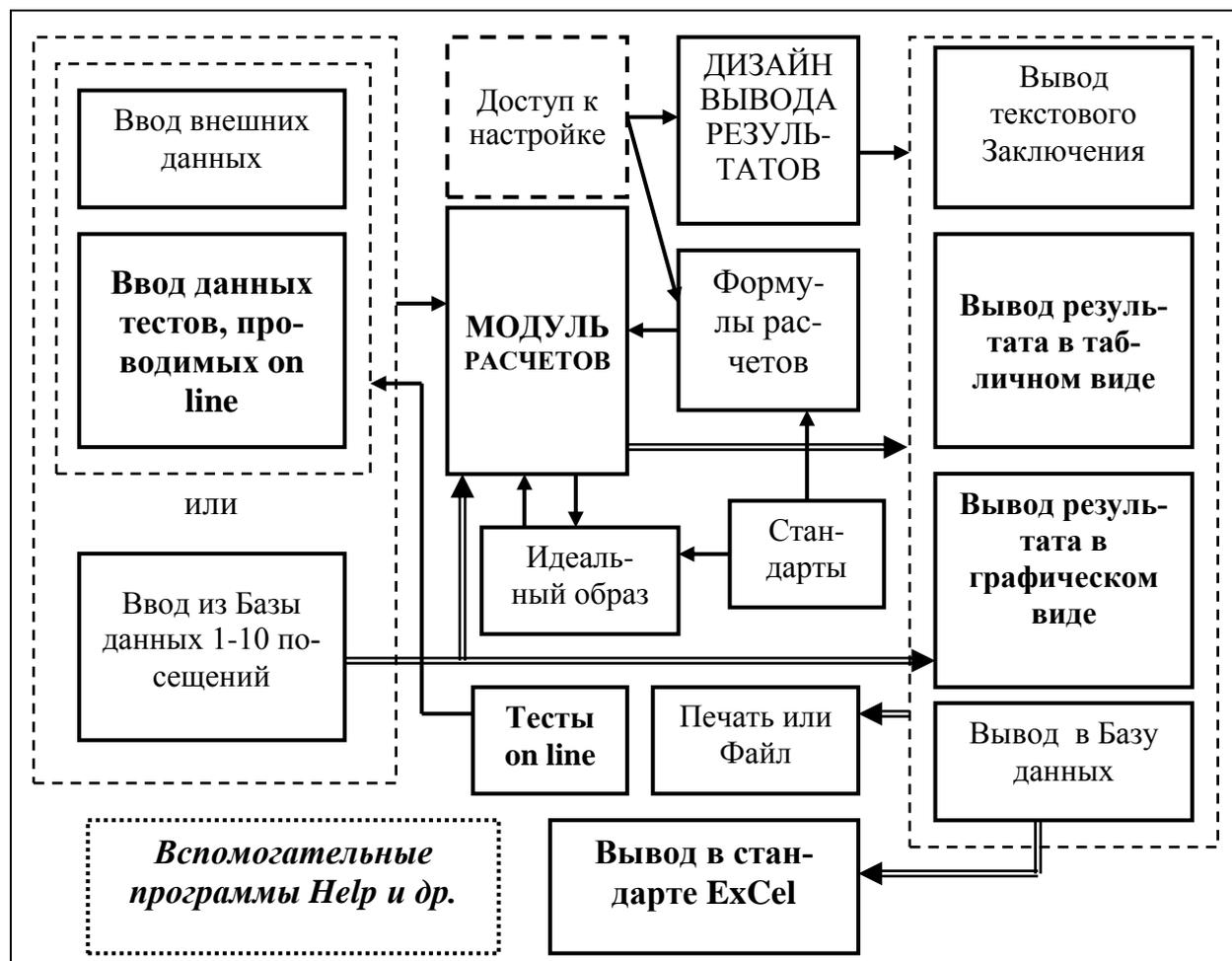


Рис. 1 – Общая блок-схема для создания компьютерных диагностических систем для медицины анти-старения.

Дизайн и программирование информационных систем

Для создания программ использовали программу высокого уровня программирования *Delphi*, с написанием текста программ на языке Pascal [6]. Среда программирования *Delphi* является объект-программированной средой, которая представляет собой наборы панелей заготовок-объектов, свойства которых можно выбирать на панели Object inspector или вводить прямо в код программирования. Сами объекты после щелчка по ним мыши переносятся на Лицевую панель программы, которая практически дублирует то, что можно видеть при запуске. Основу программирования на *Delphi*, однако, составляет набор команд языка *Pascal*. Если названия объектов и их свойства могут варьировать до, то набор команд языка *Pascal* достаточно ограничен и удобен для стандартного использования.

В целом, это удобная система для ввода, обработки и представления данных, позволяющая также оперативно вводить изменения в общий вид и

содержание программ, так как фактически имеет место ряд независимых блоков для программирования, связанных с определенным объектом видимого окна. Видимые Окна и их элементы (окошки ввода данных, кнопки управления и окна графиков и текстов) типичны для наиболее известной в широкой среде неподготовленных, каковыми и являются врачи, пользователи системы – *Microsoft Office*.

Программы включают стандартизированные окна: ввода данных, табличного и графического вывода результатов в сравнении с возрастными стандартами, вывода текстового заключения и базы данных с возможностью их просмотра и сравнения результатов нескольких посещений.

В целом, общая логическая схема и дизайн систем удобны и ясны для использования практически врачом и иными широкого круга пользователями. Системы также снабжены подробным Руководством и развернутой системой помощи, в том числе электронным учебником с примерами использования систем.

Заключение

Представлены основные принципы, алгоритмы и блок-схемы для создания компьютерных систем информационной поддержки врачей анти-возрастной медицины и работников сферы оздоровления в целом.

Компьютерные системы созданы в едином, дружественном для пользователя, формате и имеют однотипные окна: ввода данных, обработки данных и представления результатов в виде таблиц и графиков, с соотношением к возрастным стандартам, текстовое заключение выводится в автоматизированном виде и позволяет при необходимости редактировать его; имеется ряд средств для обучения пользователя и помощи в работе с системой.

E-mail: dontsovvi@mail.ru

© 2015 г. **В.Н. Крутько**, д-р техн. наук, **В.И. Донцов**, д-р мед. наук,
Т.М. Смирнова, С.И. Розенблит
*Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук*

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗРАСТА

Описаны, принципы диагностики и требования к биомаркерам, а также возможности разработанной компьютерной системы определения биологического возраста для систем информационной поддержки врачей анти-возрастной медицины.

Ключевые слова: старение, диагностика старения, компьютерные системы в медицине, биологический возраст, диагностика здоровья.

V.N. Krutko, V.I. Dontsov, T.A. Smirnova, S.I. Rozenblit

*Federal information center «Information and management» of Russian academy
of sciences, Moscow*

COMPUTER SYSTEM FOR DIAGNOSTICS OF BIOLOGICAL AGE

Describes the principles of diagnosis and requirements for biomarkers, as well as opportunities developed computer systems for the determination of biological age of information support systems for doctors anti-aging medicine.

Key words: aging, aging diagnosis, computer systems in medicine, biological age.

Введение

Выраженное постарение населения развитых стран, повсеместно наблюдающееся в мире, ведет к возрастанию числа возраст-зависимых, обычно хронических заболеваний и ко все большему вложению средств в программы лечения старых лиц, а также к увеличению объема выплат пенсионного и социального обеспечения. Все это является мощным стимулом для современного общества в исследовании причин и механизмов старения человека, а также возрастных заболеваний, для целей увеличения периода активной, полноценной, трудоспособной жизни человека.

Для характеристики индивидуального старения у человека предлагается использовать общепринятый в настоящее время показатель биологического возраста (БВ) организма.

Целью исследования является рассмотрение алгоритмов и конкретных возможностей созданных нами компьютерных систем для оценки биологического возраста для целей профилактической и восстановительной

медицины и использования в центрах Анти-возрастной медицины центрах здоровья, санаториях, профилакториях и различных учреждениях охраны здоровья.

Оценка индивидуального старения – биологический возраст

Неуклонное снижение функциональных способностей организма с возрастом представляет собой старение, которое происходит вследствие накопления структурных повреждений и окончания программ роста и развития организма. Для живых систем старение в общем виде определяется как процесс снижения общей жизнеспособности всей системы (организма) с возрастом. Жизнеспособность всего организма можно рассматривать как сумма жизнеспособностей его органов и систем, что равноценно остаточному возрастному функциональному ресурсу. Соотношение такой общей жизнеспособности индивида к возрастной среднестатистической норме для вида как раз и представляет собой показатель индивидуального старения – Биологический возраст (БВ). Известно, что при одном и том же календарном возрасте (КВ) уровень старения отдельных лиц, как и отдельных органов и систем, может выражено различаться, поэтому имеется практическая необходимость количественной оценки уровня имеющегося старения организма и профиля старения его основных систем.

На БВ влияют степень тренированности, наличие хронических заболеваний и определенных патологий, экология и стрессы, радиоактивное облучение и др. БВ достаточно широко используется для оценки здоровья населения, а также в профпатологии и спортивной медицине, для оценки развития школьников и студентов, для дифференцированного подхода к физическому воспитанию, как показатель адаптации школьников и студентов к обучению, а также как показатель эффективности тренировок в пожилом возрасте и оценки качества жизни, в демографических исследованиях и в популяционной геронтологии для оценки особенностей старения населения различных регионов и др.

Известно около тысячи показателей – биомаркеров старения, образующих системы. Различные школы включают от 3 до 37 показателей – биомаркеров, для определения интегрального БВ. Анализ показывает, что показатель БВ должен значительно изменяться с возрастом и при этом иметь небольшие межиндивидуальные различия для стандартов одного возраста, он должен изменяться для всех членов популяции и обладать низкой чувствительностью к болезням. Желательно также, чтобы показатель БВ отражал значимый процесс возрастной физиологии и имел смысловую морфо-

логическую и функциональную интерпретацию. Оптимальным, видимо, является набор тестов, отражающих: возрастную физиологию, хроническую патологию, пределы адаптации и функциональные резервы организма, а также уровень физической и умственной работоспособности; кроме того, следует учитывать характеристики постарения наиболее важных органов и систем, самооценку состояния здоровья и наследственность.

Общий БВ можно определять как средний из парциальных возрастов основных органов и систем, однако, чаще используют метод возрастной линейной регрессионной зависимости биомаркеров БВ. В СССР и в настоящее время в России наиболее широко известна разработанная в киевском Институте геронтологии АМН СССР и утвержденная Минздравом методика определения БВ, включающая показатели: вес, систолическое и диастолическое артериальное давление, скорость распространения пульсовой волны по артериям мышечного и эластического типа, время задержки выдоха, жизненную емкость легких, показатели слуха и зрения, время статического баланса на левой ноге, символно-числовой тест Векслера и тетс-опросник самооценки здоровья.

Нами была проведена работа над совершенствованием имеющихся формул для выбранной тестовой панели биомаркеров. Повышение качества аппроксимации было достигнуто за счет учета нелинейного характера возрастной динамики отдельных биомаркеров, выбора в качестве референтной популяции группы здоровых москвичей, учета уровней надежности коэффициентов расчетных формул и учета статистической достоверности вклада отдельных биомаркеров в БВ. Разработанная нами компьютерная система определения БВ представляет собой экспертную систему помощи в вопросах диагностики старения методом вычисления биологического возраста организма в целом и парциальных БВ его отдельных систем.

Система имеет следующие основные функции: вычисление парциальных возрастом важнейших органов и систем и БВ всего организма; учет ряда возраст-зависимых биохимических и физиологическим показателей; вывод данных в виде таблицы соответствия измеренных показателей статистическим нормам и в виде графика парциальных возрастов органов и систем; вывод текстовое заключение с возможностью подробного описания примененных тестов; запись в базу данных. Имеется возможность коррекции формул определения БВ, а также создания собственных наборов и формул определения БВ (в научном варианте). Программа также обеспечивает врача обширной информацией о механизмах старения и средствах его

сдерживания и рядом стандартных программ Help.

На рисунке 1 на примере окна ввода данных показан общий вид компьютерной системы «Диагностика биовозраста».

Рис. 1 – Окно ввода данных диагностической компьютерной системы диагностики старения по методу определения биологического возраста.

Заключение

Описаны биомаркеры, принципы диагностики и требования, а также возможности разработанной компьютерной системы диагностики биологического возраста человека для систем информационной поддержки врачей анти-возрастной медицины.

E-mail: krutkovn@mail.ru

© 2015 г. **Н.С. Потемкина**, канд. биол. наук, **В.Н. Крутько**, д-р техн. наук, **В.И. Донцов**, д-р мед. наук, **О.А. Мамиконова**, канд. техн. наук
*Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук, Москва*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ И ВЫБОРА РАЦИОНА ПИТАНИЯ С РАСШИРЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ БАЗЫ НУТРИЕНТОВ

Представлены основные принципы и блок-схема создания компьютерных систем информационной поддержки врачей анти-возрастной медицины и работников сферы оздоровления на примере компьютерной системы оценки и выбора рациона питания с расширенными возможностями базы нутриентов.

Ключевые слова: компьютерные системы в медицине, диагностика здоровья, оценка питания.

N.S. Potemkina, V.N. Krutko, V.I. Dontsov, O.A. Mamikonova

*Federal information center «Information and management» of Russian academy
of sciences, Moscow*

INFORMATION COMPUTER SYSTEMS OF EVALUATION AND SELECTION OF DIETS WITH EXTENDED CAPABILITIES BASE NUTRIENTS

Presents the basic principles and block diagram of a computer system of information support for anti-aging medicine and workers in the recovery of the example computer system of evaluation and selection of diets with extended capabilities base nutrients.

Key words: computer systems in medicine, diagnostics, health, nutritional assessment.

Введение

В связи с особенностями современной жизни большинства цивилизованных стран – нарушения экологической обстановки, рост числа случаев ожирения, а также сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, социальная нестабильность, приводящая к психологическим перегрузкам, увеличение среднего возраста населения, резкое снижение физической активности и связанное с этим значительное сокращение энергетических затрат, распространение курения и употребления спиртных напитков, проблема рационального питания приобретает новое звучание.

Сложность полноценной разносторонней индивидуальной диагностики рациона питания с учетом возрастных изменений делает актуальной задачу

автоматизации диагностики и обработки полученных данных и экспертно-информационной поддержки всего комплексного процесса формирования схем индивидуальной диагностики и профилактики.

Целью публикации является рассмотрение алгоритмов и конкретных возможностей созданных нами компьютерных систем на примере оценки и подбора рациона питания для целей профилактической и восстановительной медицины и использования в центрах Анти-возрастной медицины центрах здоровья, санаториях, профилакториях и различных учреждениях охраны здоровья.

Компьютерная система оценки и выбора рациона питания

Обычный пищевой рацион, даже при условии его кажущегося соответствия принятым нормативам, не обеспечивает человека необходимым количеством витаминов и минеральных элементов, потребность в которых сохраняется или даже существенно повышается, наряду со снижением потребности в калориях.

Для современного человека важна также профилактическая, оздоравливающая, детоксицирующая и геропротекторная функции питания.

Все это определяет измененные современные требования к структуре рационального питания живущего поколения. Используя привычные подходы к формированию пищевых рационов сложно удовлетворить всем этим требованиям, поэтому в современной диетологии все чаще наблюдается использование компьютерных систем для оценки и подбора рациональных диет.

Нами разработана специальная компьютерная система, представляющая собой экспертную информационно-диагностическую систему для оценки и оптимизации режима питания, которая впервые позволяет детально оценить рацион и подобрать оптимальную диету более чем по 30 нутриентам. Блок-схема программы представлена на рисунке 1.

На рисунке 2 показана отдельно система блока расчетов в программе «Диета».

Возможности системы включают подробную базу продуктов по 30 параметрам каждый, автоматические варианты оптимизации диеты с возможностью выбора предпочтений и вариантов диет и исключением отдельных групп и индивидуальных продуктов, возможность подбирать диеты с учетом состояния органов и систем (а также оперативная оценка их состояния тест-анкетированием). Компьютерная система включает также несколько десятков стандартных и популярных рационов обычного питания и низко-

калорийных витаминно-полноценных режимов снижения веса тела. Система позволяет автоматически формировать заключение и имеет большой блок информационных материалов по различным сторонам проблемы рационального питания.



Рис. 1 – Блок-схема программы расчета индивидуальных диет.

Система позволяет конструировать индивидуальный норматив, учитывающий вес, рост, возраст, пол, конституциональные параметры, состояние здоровья, физическую, умственную, психическую нагрузки и экологическое состояние среды; оценивать повседневное питание на соответствие индивидуальному нормативу и планировать адекватное индивидуальное питание на основе пополняемой базы рационов; пополнять базу данных по диетам, нормативам, рационам, меню, блюдам, продуктам, составу продуктов.

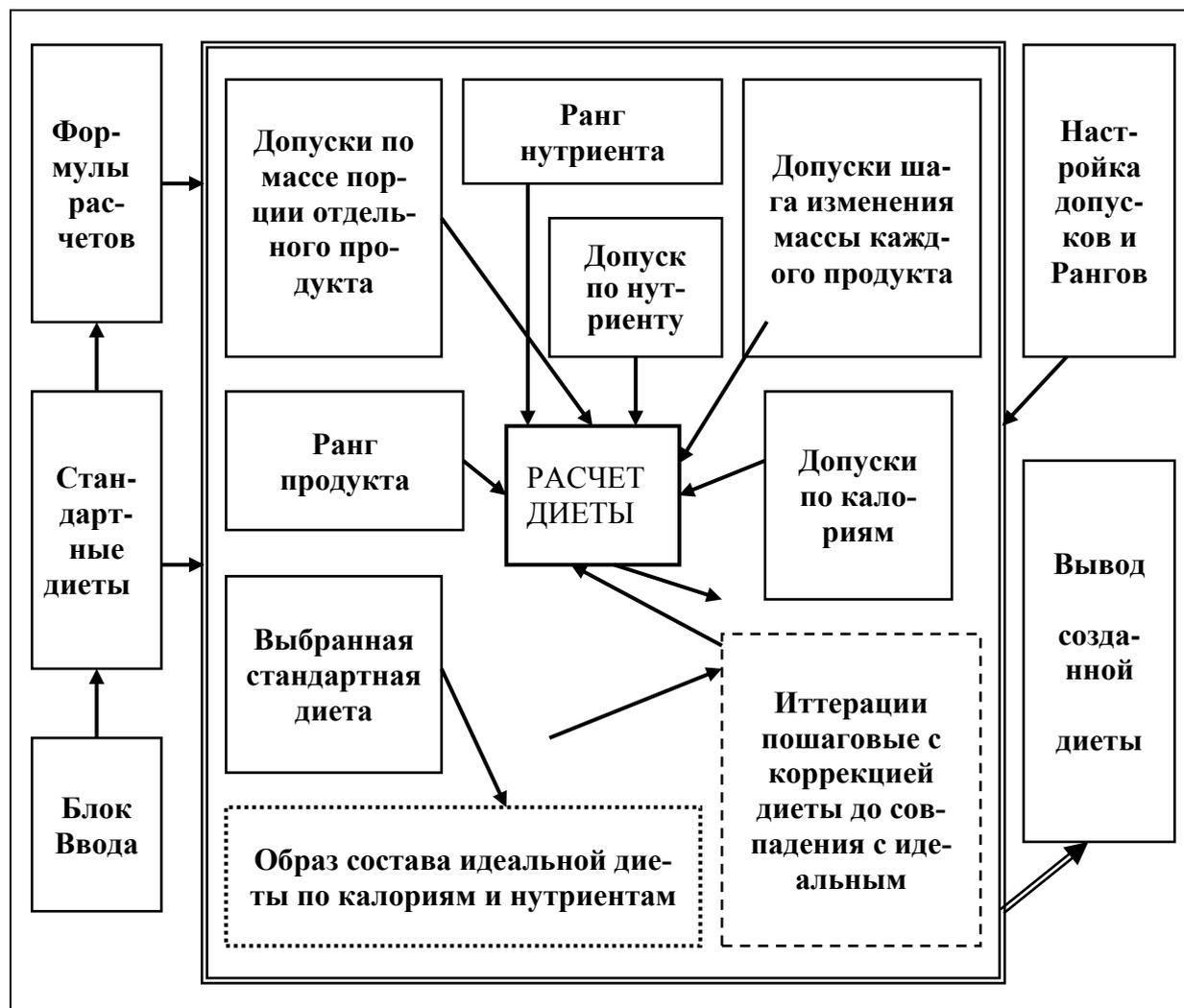


Рис. 2 – Схема блока системы расчетов в программе «Диета».

Заключение

Представлены основные принципы и блок-схема создания компьютерных систем информационной поддержки врачей анти-возрастной медицины и работников сферы оздоровления на примере компьютерной системы оценки и выбора рациона питания с расширенными возможностями базы нутриентов.

E-mail: dontsovvi@mail.ru

© 2015 г. **С.П. Драган**, канд. техн. наук; **Е.А. Кондратьева**;
А.Д. Котляр-Шапиров

*Государственный научный центр РФ – Федеральный медицинский
биофизический центр имени А.И.Бурназяна, Москва*

МЕТОДИКА ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ АКУСТИЧЕСКОГО РЕФЛЕКСА

Представлены результаты моделирования измерения акустического рефлекса, предполагающего регистрацию реакции барабанной перепонки на звуковую стимуляцию по результатам определения акустического импеданса в герметизированном наружном слуховом проходе при звуковой стимуляции, а также результаты экспериментальной верификации разработанной математической модели.

Ключевые слова: математическое моделирование, медицинская акустика, акустический рефлекс, резонатор Гельмгольца.

S.P. Dragan, E.A. Kondratyeva, A.D. Kotlyar-Shapiro

State Scientific Center of RF – Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow

METHOD OF IMPEDANSOMETRIC STUDIES OF ACOUSTIC REFLEX

The results of modeling of acoustic reflex measures are shown. It supposes the registration of drum membrane response to sound stimulation by the results of acoustic impedance in airproof outer auditory meatus under sound stimulation. The results of experimental verification of the developed mathematical model are also presented.

Key words: mathematical modeling, medicine acoustic, acoustic reflex, Helmholtz resonator.

Одним из наиболее информативных методов исследования барабанной перепонки, в интересах объективной диагностики нарушений слуха, является акустическая рефлексометрия, предполагающая регистрацию реакции барабанной перепонки на звуковую стимуляцию, по результатам измерения акустического импеданса в герметизированном наружном слуховом проходе при звуковой стимуляции двумя тонами: стимулирующим (вызывающим сокращение стременной мышцы) и зондирующим (используемым для фиксации изменений импеданса с помощью электроакустического моста) [2]. Целью исследования являлось изучение особенности методики регистрации параметров импедансометрии двухмикрофонным методом, анализ практических результатов.

Формализация задачи

Для реализации импедансометрического исследования акустического рефлекса необходимо обеспечить распространение звуковой волны в волноводе постоянного сечения, герметично сочлененным с наружным слуховым проходом (НСП) [3-6]. Импеданс барабанной перепонки необходимо оценивать в комплексе с НСП и с устройством герметичного сочленения [7, 8].

С этой целью представим устройство соединения волновода с НСП и барабанной перепонкой, как резонатор Гельмгольца: волновод заканчивается перфорированной панелью с диаметром отверстия 3 мм, горлом резонатора Гельмгольца является узкая трубка длиной 8 см с внутренним диаметром 3 мм, один конец которой соединен с перфорированным отверстием в волноводе, а на другом конце крепится силиконовая накладка, обеспечивающая герметичное соединение с НСП. Объемом резонатора Гельмгольца является НСП, заканчивающийся барабанной перепонкой [9]. При проявлении акустического рефлекса барабанная перепонка натягивается, изменяя тем самым собственную резонансную частоту резонатора Гельмгольца, на основании чего оценивают акустический рефлекс [10].

Особенности измерения акустических импедансных характеристик

При помощи двух стандартных микрофонов, установленных стационарно на боковой поверхности волновода, измеряют уровни звукового давления и разность фаз между ними. По этим данным, на основании точного решения уравнения распространения звука, с учетом падающей и отраженной от препятствия волны, рассчитывают комплексный коэффициент отражения и компоненты импеданса перфорированной панели, установленной в конце волновода [4-5].

Физическое моделирование

Для проверки эффекта изменения резонансной частоты резонатора Гельмгольца в зависимости от наличия акустического рефлекса (т.е. от натяжения барабанной перепонки) проведено физическое моделирование. В качестве модели наружного слухового прохода с барабанной перепонкой использовалась силиконовая трубка, длиной 2,5 см и диаметром 7 мм. Один конец трубки закрывали тонкой резиной, имитируя барабанную перепонку – регулируя натяжение резины, исследовано три варианта натяжения барабанной перепонки: без натяжения, слабое и сильное натяжение. После тонкой резины к силиконовой трубке крепили различные объемы, имитирующие объем среднего уха. Другой конец силиконовой трубки подсоединяли к

«горлу» резонатора – к узкой трубке длиной 8 см с внутренним диаметром 3 мм, присоединенной к окончанию волновода.

В волновод подавали полигармонический сигнал с диапазоном частот от 275 до 575 Гц и шагом 25 Гц, на каждой частоте рассчитывали коэффициент поглощения (α), резистанс (R) и реактанс (Y).

При слабом натяжении тонкой резины резонансная частота составила 300 Гц, при среднем натяжении – 335 Гц, при сильном натяжении – 372 Гц, и при «жестком дне» – 500 Гц. Отличие расчетной (518 Гц) и экспериментально зарегистрированной (500 Гц) резонансной частоты для жесткого дна свидетельствует о высокой точности измерения (погрешность не превышает 5%).

Диапазон изменения резонансных частот в зависимости от натяжения и присоединенных объемов уменьшался, а с увеличением натяжения тонкой резины резонансная частота резонатора увеличивалась.

Экспериментальные исследования

Исследование акустического рефлекса проведено на двух испытуемых–добровольцах при контралатеральной стимуляции. Вначале измеряли импедансные характеристики на обоих ушах в отсутствии стимуляции с использованием полигармонического сигнала. Диапазон частот от 275 до 575 Гц (с шагом 25 Гц), при общем уровне звукового давления (УЗД) 75 дБ – в этом случае барабанная перепонка остается в покое (процедура одного исследования составляет 10 секунд). Затем контралатерально (в наружный слуховой проход второго уха) подавали звуковой стимул с тремя УЗД: 75, 85 и 95 дБ. Результаты измерений обрабатывали, рассчитывая комплексный коэффициент отражения и компоненты импеданса барабанной перепонки.

Далее в НСП другого уха подавали звуковой стимул - барабанная перепонка натягивалась, что сопровождалось увеличением резонансной частоты, то есть регистрировали акустический рефлекс.

Показана возможность производить прямые измерения акустического рефлекса и тем самым осуществлять дифференциальную диагностику состояния органа слуха. Отмеченное уменьшение резистанса НСП, по видимому, объясняется проявлениями акустического рефлекса в изменении кровенаполнения микроциркуляторного русла барабанной перепонки и НСП, что расширяет возможности для дифференциальной диагностики патологий органа слуха. Для проверки этой гипотезы необходимы полномасштабные клинические испытания. Следует отметить, что при длительном воздействии высокоинтенсивным звуком акустический рефлекс пропадает и

восстанавливается только через длительный интервал времени.

Результаты измерений, полученные у двух испытуемых-добровольцев свидетельствуют, что при контралатеральной стимуляции обеих ушей, в зависимости от УЗД стимулирующего сигнала, увеличивается резонансная частота (диапазон ее изменения частоты зависит от индивидуальных особенностей) и уменьшается резистанс НСП (это не отмечалось при моделировании).

Заключение

После проведения клинических испытаний и установления четких диагностических критериев, можно говорить о том, что разработанную методику импедансометрического исследования акустического рефлекса целесообразно использовать в интересах ранней диагностики профессиональной сенсоневральной тугоухости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бегун П.И., Као Л.Д. Математическое моделирование и исследование барабанной перепонки в норме и при патологиях среднего уха // Российский журнал биомеханики. Т.3, № 2. 1999. С. 12.
2. Богомолов А.В., Драган С.П. Автоматизированный мониторинг и технологии обеспечения акустической безопасности персонала // Автоматизация. Современные технологии. 2015. №4. С. 25–30.
3. Богомолов А.В., Драган С.П. Новый подход к исследованию импедансных характеристик барабанной перепонки // Доклады академии наук. Т.454, №1. С. 105.
4. Драган С.П., Лебедева И.В. Определение интенсивности плоской звуковой волны // Акустический журнал. №2. 1992. С.174-178.
5. Жданько И.М., Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Шешегов П.М. Фундаментальные и прикладные аспекты профилактики неблагоприятного действия авиационного шума // Авиакосмическая и экологическая медицина. Т. 48, №4. 2014. С. 5-16.
6. Кондратьева Е.А., Котляр-Шапиров А.Д., Драган С.П., Богомолов А.В. Метод импедансометрического измерения акустического рефлекса // Труды XXVI Международной инновационно-ориентированной конференции молодых учёных и студентов МИКМУС-2014. М., 2015. С. 362–366.
7. Лебедева И.В., Драган С.П. Определение акустических характеристик в трубах с помощью двух микрофонов // Измерительная техника. №8. 1988. С. 52.

E-mail: s.p.dragan@mail.ru

© 2015 г. **В.В.Грибова**, д-р техн. наук, **Д.Б.Окунь**, канд. мед. наук
*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Россий-
ской академии наук, Владивосток*

ФОРМАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ О МЕДИКАМЕНТОЗНОМ ЛЕЧЕНИИ КОНЬЮКТИВИТА (фрагмент) ³.

В работе предлагается формальное представление знаний о медикаментозном лечении конъюнктивитов на основе онтологического подхода.

Ключевые слова: онтология, медикаментозное лечение, конъюнктивит, облачная среда, медицинские интеллектуальные системы

V.V. Gribova, D.B. Okun

*Federal State Budget Institution of Science – the Institute of Automatics and Administrative
Process of the Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok*

FORMAL REPRESENTATION OF MEDICAL TREATMENT OF CONJUNCTIVITIS (fragment)

The work suggests the formal representation of knowledge about the medical treatment of conjunctivitis on the basis of ontological approach.

Key words: ontology, medical treatment, conjunctivitis, cloud environment, medical intellectual systems.

Заболевания конъюнктивы – конъюнктивиты – являются самой распространенной патологией среди воспалительных заболеваний глаза и составляют около 30% всей глазной патологии. Обязательным условием выбора тактики лечения остается индивидуальный подход к каждому больному. Ежегодно в помощь врачу и пациенту разрабатываются новые методики лечения, предлагаются более эффективные способы комбинированной терапии [1]. Отдельному специалисту бывает сложно следить за столь стремительным прогрессом. Именно поэтому разработка информационных ресурсов, а именно интеллектуальных систем поддержки принятия решений, являются наиболее перспективными для оптимизации фармакотерапии.

Конъюнктивит, лечение на основе онтологии медикаментозного лечения

Формальное представление знаний о медикаментозном лечении заболеваний, в данном случае – конъюнктивитов, выполнено в соответствии с

³ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ 14-07-00270 А.

технологией и описанием знаний о диагностике конъюнктивитов, представленных в [2, 3], а также разработанной авторами онтологии медикаментозного лечения [4], которая представляет систему понятий, связей и ограничений для формального описания медикаментозного лечения заболеваний в соответствии с индивидуальными особенностями пациентов.

Представленное в работе описание медикаментозного лечения заболевания «конъюнктивит» (см. рис.1) сформировано с учетом рекомендованных лекарственных средств согласно приказа «Об утверждении стандарта медицинской помощи больным конъюнктивитом» от 13 октября 2006 года №704 [5].

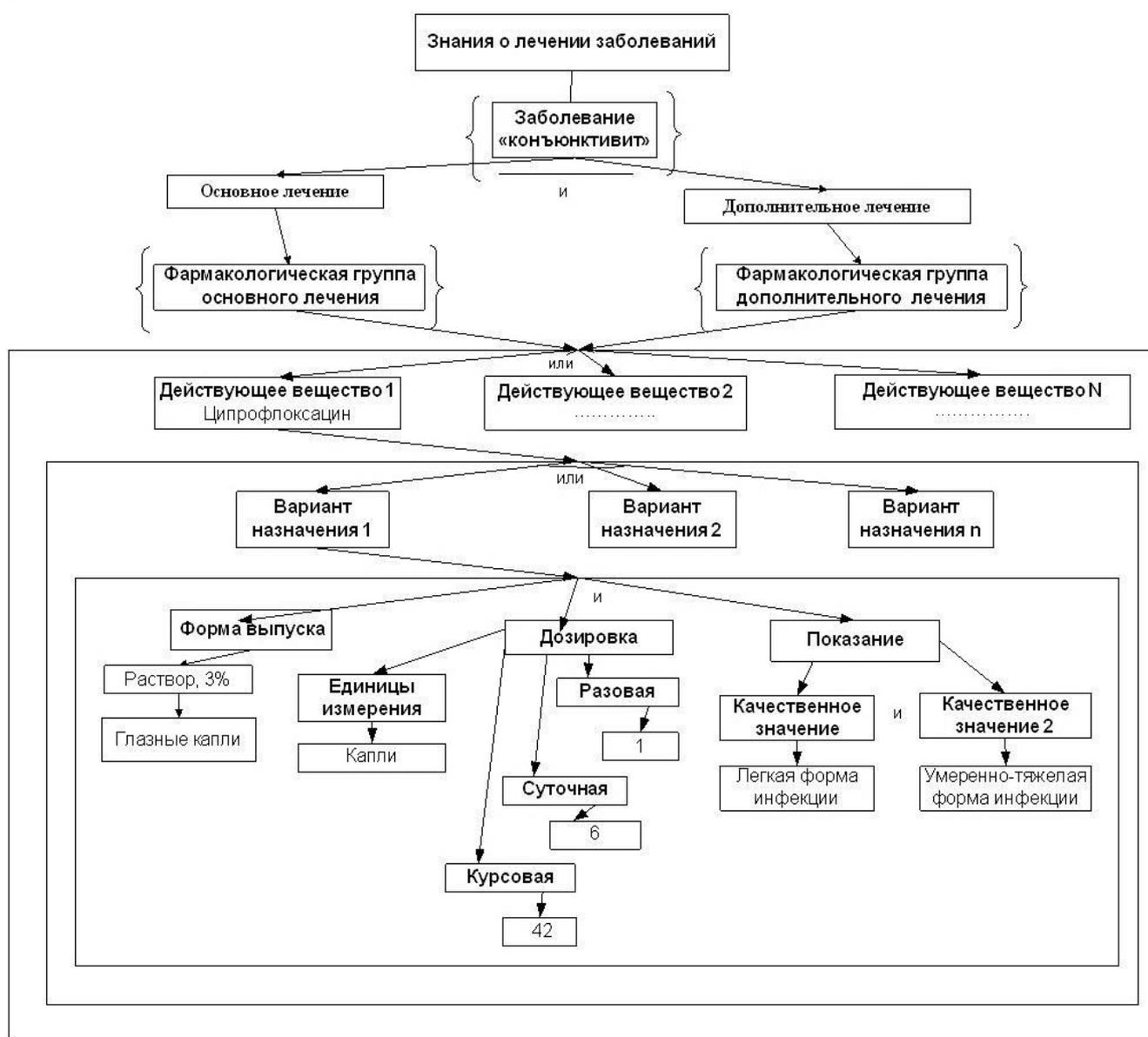


Рис. 1 Графическое представление знаний о лечении (фрагмент).

Формальное описание знаний о лечении заболеваний, онтология медикаментозного лечения, а также фармакологический справочник, реализованы на облачной платформе *IACPaaS (Intelligent Applications, Control and Platform as a Service)* [6]. На рис. 2 представлен скриншот фармакологического справочника, который состоит из множества описаний свойств действующих вещества и включает его фармакологические свойства, фармакокинетику и другие необходимые характеристики для безопасного и эффективного его назначения в общеклинической практике [7].

Заключение

В работе представлено формальное представление знаний о лечении группы заболеваний – «конъюнктивит», которое будет использовано при разработке медицинских экспертных систем. Создание таких систем поможет решить одну из актуальных задач медицины – выбор индивидуализированного лечебно-реабилитационного комплекса терапии для пациента.

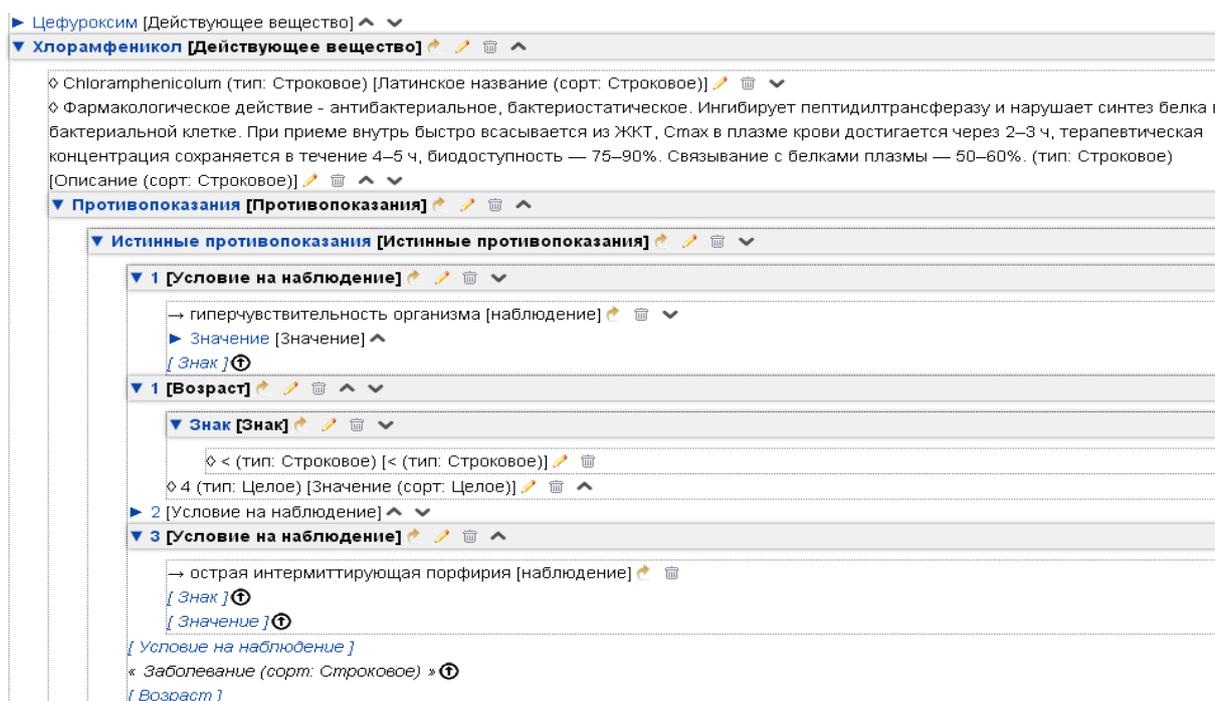


Рис. 2 Скриншот фармакологического справочника (фрагмент)

ЛИТЕРАТУРА

1. Офтальмология: учебник / под ред. Е.И. Сидоренко. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2002. 408 с: ил - (Серия «XXI век»).
2. Грибова В.В., Черняховская М.Ю., Окунь Д.Б. Формальное представление знаний о медикаментозном лечении // Системный анализ в медицине: материалы VIII междунар. науч. конф., 29-30 мая 2014 г., Благовещенск / под общ. ред. В.П.Колосова. Благовещенск: ФГБУ ДНЦ ФПД СО РАМН, 2014. С. 78-81.

3. Черняховская М.Ю., Москаленко Ф.М., Мельников В.Я., Негода В.И., Догадова Л.П. Формальное представление знаний о конъюнктивитах (издание второе, испр. и дополненное): препринт. Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 2009. 58с.
4. Грибова В.В., Окунь Д.Б., Черняховская М.Ю. Онтология и модель онтологии предметной области "медикаментозное лечение" // Информатика и системы управления. 2015. №2(44). С.70-79.
5. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: [сайт]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902015023> (дата обращения 16.09.2015).
6. Грибова В.В., Клещев А.С., Крылов Д.А., Москаленко Ф.М., Смагин С.В., Тимченко В.А., Тютюнник М.Б., Шалфеева Е.А. Проект IASaaS. Комплекс для интеллектуальных систем на основе облачных вычислений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2011. №1. С.27-35.
7. Машковский М.Д. Лекарственные средства. 16-е издание. М: Новая волна. 2014. 1216 с.

E-mail: gribova@iacp.dvo.ru, 2707008@mail.ru

© 2015 г. **М. В. Петряева**, канд. мед. наук

Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток

БАЗА ЗНАНИЙ О ЗАБОЛЕВАНИЯХ СЕТЧАТКИ – НОВЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ РЕСУРС ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ОБЛАЧНОГО СЕРВИСА 4

Сформирован информационный ресурс диагностического интернет-сервиса в области офтальмологии – декларативная база знаний заболеваний сетчатой оболочки глаза. База знаний включает формальное описание заболеваний сетчатки с возможными причинами, необходимыми условиями и описанием динамики клинических проявлений.

Ключевые слова: декларативная база знаний, заболевания сетчатки, диагностический интернет-сервис.

M.V. Petryaeva

The Institute of Automation and Control Processes, Vladivostok, Russia

KNOWLEDGE BASE OF RETINAL DISEASES – THE NEW INFORMATIONAL RESOURCE FOR THE MEDICAL CLOUD SERVICE

Information resource for diagnostic Internet-service in the field of ophthalmology is created. It is declarative knowledge base of diseases of eye reticular membrane.

⁴ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты 14-07-00270, 15-07-03193) и КПФИ "ДВосток.

The knowledge base includes formal descriptions of retinal diseases with the possible reasons, necessary conditions and the description of dynamics of clinical manifestations.

Key words: declarative knowledge base, retinal diseases, diagnostic Internet-service.

Данная работа является продолжением цикла публикаций [1, 2, 3] по формированию информационных ресурсов для интеллектуального диагностического сервиса в области офтальмологии, размещенного на облачной платформы *IACPaaS (Intelligence Application, Control and Platform as a Service)* [4]. Сервис обеспечивает процесс согласованного решения комплекса задач по сбору, формализации, переводу в машиночитаемое представление, инженерии, хранению, управлению и обработке данных и знаний в области медицинской диагностики и является объединением всей этой информации в единый ресурс с возможностью удаленного доступа к нему многим пользователям [5].

Сетчатка одна из тончайших составляющих глаза, являющейся передним краем мозга, наиболее удаленной от него. Это внутренняя оболочка глазного яблока, которая обеспечивает зрительное восприятие за счет преобразования световой энергии в энергию нервного импульса, передающегося по цепи нервных клеток в кору головного мозга. Из патологических процессов, наблюдаемых в сетчатке глаза, на первом месте по частоте стоят дистрофии, далее – воспаления и повреждения, заметную группу составляют ангио- и ретинопатии – патологические изменения сосудов и ткани сетчатки, обусловленные некоторыми общими заболеваниями (гипертоническая болезнь, сахарный диабет, ревматизм и др.) а также нарушения кровообращения в ее сосудах. Особое место, ввиду разнообразия причин, тяжести и трудностей лечения, занимает отслойка сетчатки.

В работе представлена сформированная на основе онтологии база знаний, которая включает формализованные описания 12 заболеваний сетчатки, наиболее часто встречающихся в практической деятельности врачей офтальмологов:

1. Центральная серозная хориоретинит.
2. Перифлебит сетчатки (болезнь Илса).
3. Болезни сетчатки при сердечно-сосудистой патологии.
4. Диабетическая ретинопатия.
5. Пигментная дистрофия сетчатки.
6. Юношеская дистрофия сетчатки.

7. Старческая дистрофия сетчатки.
8. Острая непроходимость центральной артерии сетчатки.
9. Тромбоз центральной вены сетчатки.
10. Отслойка сетчатки.
11. Ангиоматоз сетчатки.
12. Наружный эксудативный ретинит (болезнь Коатса).

Формальное представление заболеваний

Описание каждого заболевания включает формальное описание его возможных причин, необходимого условия для возникновения заболевания и клинической картины, которая состоит из описания клинических проявлений, строящихся на основе соответствующих наблюдений. Клиническая картина включает описание жалоб пациента и описание основных методов исследования органа зрения, где определяющее значение имеют офтальмоскопия (исследование глазного дна) и новый метод диагностики – флюоресцентная ангиография (исследование сосудов и пигментного эпителия). Клинические проявления характеризуются модальностью и вариантами динамики, которые имеют место в зависимости от стадии или фазы заболевания. Формализованное описание заболеваний сетчатки глаза базируется на его неформальном описании в научной и учебной медицинской литературе. Ниже приведены фрагменты базы заболевания «Отслойка сетчатки» [6]

Возможные причины

ТРАВМАТИЧЕСКОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ (В)

тупая травма глаза (контузия), временной интервал 3-10 суток.

ПРЕДШЕСТВУЮЩЕЕ ЗАБОЛЕВАНИЕ ГЛАЗ

миопия высокой степени, временной интервал 1-10 лет;

{хориоидит, ретинопатия беременных, почечная ретинопатия, экссудативный ретинит Коатса, кровоизлияние в стекловидное тело, афакия, опухоли сосудистого тракта, цистицерк}, временной интервал 1-12 месяцев.

Необходимое условие

НАРУШЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ

разрывы сетчатки {мельчайшие, мелкие, крупные, клапальные, полулунные}.

Клиническая картина

ЖАЛОБЫ

1. Пелена перед глазами (затуманивание)

Присутствие (В) – имеются, отсутствуют.

Глаз (В) - справа, слева.

Периодичность (В) - периодически.

2. Ухудшение зрения

Присутствие (В) – имеется, отсутствует.

Глаз (В) – справа, слева, справа И слева.

Характер (В) - вдаль, вблизи.

Выраженность (В) – отсутствует, незначительное, умеренное, выраженное.

Варианты динамики:

1. незначительное 1-12 месяцев,

затем умеренное - первая стадия заболевания;

2. умеренное 1-12 месяцев,

затем выраженное - первая стадия заболевания;

3. умеренное 1-12 месяцев,

затем выраженное 1-2 месяца,

затем незначительное - вторая стадия заболевания;

4. умеренное 1-6 месяцев,

затем выраженное 1-2 месяца,

затем незначительное 1-2 месяца,

затем отсутствует - третья стадия заболевания;

...

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНА ЗРЕНИЯ

1. Флюоресцентная ангиография

Глаз (Н) – справа, слева.

Дефекты в пигментном эпителии (Н) – расширение оптического среза сетчатки с наличием трансудата между пигментным эпителием и сетчаткой.

Изменения в сосудистой оболочке (В) – отсутствуют, геморрагии, микропреципитаты.

Изменения в мембране Бруха (В) – отсутствует, имеются мелкие дефекты (флюоресцентные флаги).

...

Заключение

Сформирован новый информационный ресурс для интеллектуального диагностического интернет-сервиса в области офтальмологии. В терминах модели онтологии медицинской диагностики описана база знаний заболеваний сетчатки (воспалительных, дистрофических, сосудистых). Сформированная база знаний будет подключена к диагностическому медицинскому сервису для постановки диагноза и решения обучающих медицинских задач практикующими врачами и студентами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петряева М.В., Москаленко Ф.М. Формальное представления знаний о кератитах. Владивосток: ИАПУ ДВО РАН. 2012. 56с.
2. Черняховская М.Ю., Москаленко Ф.М., Мельников В.Я. и др. Формальное представления знаний о конъюнктивитах. Владивосток: ИАПУ ДВО РАН. 2009. 58с.
3. Петряева М.В. Формальное представления знаний о заболеваниях внутреннего ядра глаза. Владивосток: ИАПУ ДВО РАН. 2013. 52с.
4. Проект IASaaS. Комплекс для интеллектуальных систем на основе облачных вычислений / Клещев А.С., Грибова В.В., Шалфеева Е.А., Крылов Д. А., Смагин С. В., Москаленко Ф.М., Тимченко В. Андреевич, Тютюнник М. Б. // Искусственный интеллект и принятие решений. 2011. №1. С.27-35.
5. Грибова В.В., Клещев А.С. Технология разработки интеллектуальных сервисов, ориентированных на декларативные предметные базы знаний. Часть 1. Информационные ресурсы // Информационные технологии. 2013. №9. С.7-11.
6. Петряева М.В. Формальное представления знаний о заболеваниях сетчатой оболочки глаза. Владивосток: ИАПУ ДВО РАН. 2014. 44с.

E-mail: margaret@iacp.dvo.ru

С.В. Фахрутдинова, А.В. Бушманов, канд. техн. наук
Амурский государственный университет, Благовещенск

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ АППАРАТА ВНЕШНЕЙ ФИКСАЦИИ ТАЗА
НЕЗАМКНУТОГО ТИПА**

Рассматривают вопросы оптимизации лечения пострадавших с переломом костей таза, стабилизация костей таза аппаратом внешней фиксации.

Ключевые слова: перелом костей таза, аппарат внешней фиксации

S.V. Fakhrutdinova, A.V. Bushmanov
Amur State University, Blagoveshchensk

DESIGN OF EXTERNAL FIXATOR OF PELVIS OF THE OPEN TYPE

The questions of optimization of treatment of those who have the fracture of the pelvis as well as stabilization of the pelvis by external fixator are studied.

Key words: pelvis fracture, external fixator.

Переломы костей таза составляют 4-7% всех переломов скелета. Частота переломов костей таза не одинакова. Преобладают переломы лобковой и седалищной костей. Все переломы костей таза относятся к тяжелым переломам. Это связано с возможностью повреждения внутренних органов, с

большой кровопотерей при переломах костей таза, с возникновением шока вследствие кровопотери и болевого синдрома.

Целью настоящего исследования явилось улучшение результатов лечения больных с тяжелыми переломами костей таза за счет применения нового аппарата внешней фиксации и совершенствования предоперационного и послеоперационного ведения больных.

Нами была разработана новая конструкция аппарата внешней фиксации для чрескостного остеосинтеза костей таза и методика его применения. На данную модель был получен патент №154459 от 30 июля 2015 г. В качестве внешних элементов фиксации использовались детали из набора аппарата Г.А. Илизарова. Достоинством данной модели является малый размер и вес, обеспечивающие комфортное использование у пациента, надежная стабилизация отломков таза и ранняя активизация больных.

Данная конструкция технически проста в применении, обладает малой травматичностью для пострадавшего и занимает мало времени при компоновке во время операции. Положительной стороной конструкции является возможность выполнения репозиции костных отломков в трех плоскостях. Стабильная фиксация в аппарате позволяет рано активизировать пострадавших и проводить лечение до консолидации переломов. Отличительной особенностью конструкции является возможность создания эффекта "Илизарова" (эффект напряжения растяжения), который стимулирует все репаративные процессы в костях и мягких тканях, улучшает васкуляризацию и иннервацию.

Техническая простота конструкции, малая травматичность наложения аппарата, незначительное количество времени для монтажа дает возможность сочетать применение аппарата внешней фиксации с другими видами остеосинтеза одномоментно.

Таким образом, можно утверждать, что расчет методом конечных элементов показал, что конструкция удовлетворяет условиям прочности, т.е. может использоваться при лечении больных с переломами костей таза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борозда И.В. Систематизация знаний по биомеханике тазового кольца // Дальневосточный медицинский журнал. 2009. №2. С 129-133.
2. Борозда И.В., Воронин Н.И., Бушманов А.В. Лечение сочетанных повреждений таза. Владивосток: Изд-во «Дальнаука», 2009. 200 с.
3. Воронин Н.И., Борозда И.В. Внутритканевое кровотечение у больных с сочетанной травмой таза. Основные концепции патогенеза, диагностики и лечения // Дальневосточный медицинский журнал. 2008. № 3. С. 112-115.

E-mail: dncfpd@dncfpd.ru

УДК: 616-073.788/.8:612.82]621.3.083.92

©2015 г. **Н.В. Ульянычев¹**, канд. физ.-мат. наук, **С.Н. Кулигин²**,
В.Ф. Ульянычева², канд. физ.-мат. наук

¹ *Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания,*

² *ГБОУ ВПО Амурский государственный университет, Благовещенск*

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСПОЗНАВАНИЯ ПАТТЕРНОВ СИГНАЛА ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА

В работе исследовались спектрально-амплитудные характеристики ЭЭГ сигнала. Проверялись возможности по распознаванию и классификации паттернов ЭЭГ. Цель работы – разработка метода распознавания паттернов сигнала головного мозга человека на основе вейвлет-анализа ЭЭГ сигнала.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, паттерны, вейвлет-анализ, непрерывное вейвлет-преобразование, коэффициент корреляции пирсона, признаковое пространство, распознавание образов, цифровая обработка сигнала, нейрокомпьютерный интерфейс

N.V. Ulyanychev¹, S.N. Kuligin², V.F. Ulyanycheva²

¹ *Far-Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration,*

² *Amur State University, Blagoveshchensk*

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF PATTERNS RECOGNITION OF CENTRAL NERVOUS SYSTEM SIGNAL WITH THE USE OF WAVELET ANALYSIS

Spectral-amplitude characteristics of EEG signal were studied. The possibility to identify and classify EEG patterns was checked. The aim of work is to develop the method of identification of human brains signal on the basis of wavelet analysis of EEG signal.

Key words: electroencephalography, patterns, wavelet analysis, continuous wavelet transformation, Pearson correlation coefficient, attribute space, pattern recognition, digital signal processing, neurocomputer interface.

Введение

Любое движение, восприятие или внутренняя мыслительная деятельность связаны с определенным паттерном активации нейронов, которые взаимодействуют друг с другом посредством электрических импульсов. Эти токи создают электромагнитное поле, которое можно зарегистрировать снаружи головы с помощью методов электроэнцефалографии (ЭЭГ) и магнитоэнцефалографии (МЭГ) [1].

Первостепенной задачей в нашей работе являлась проверка возможности распознавания ЭЭГ сигнала. Головной мозг человека является наиболее

сложной биологической системой, известной нам. Множество нейронов объединены в сложные сети, взаимодействия между ними кажутся случайными, но приводят к невероятным результатам: мы способны мыслить, запоминать, анализировать, творить и многое другое. Наиболее перспективным методом для изучения активности мозга, когнитивной деятельности и поведения является синергетический подход [2].

1. Постановка эксперимента

Исследования проводились в кабинете нейрофизиологических исследований Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания.

Снятие сигнала ЭЭГ проводилось на стационарном электроэнцефалографе-анализаторе ЭЭГА-21/26 "ЭНЦЕФАЛАН-131-03" (Россия) фирмы Медиком МТД. Во всех исследованиях вели запись ЭЭГ от 21 электродов, расположенных по системе 10-20 (Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, Fz, Cz, Pz, Oz, FPz) с референтными электродами на мочках ушей и электродом заземления в вертексе (рис. 1). Частота опроса электродов во всех исследованиях была 250 Гц, чувствительность электродов – 0,125 мкВ.

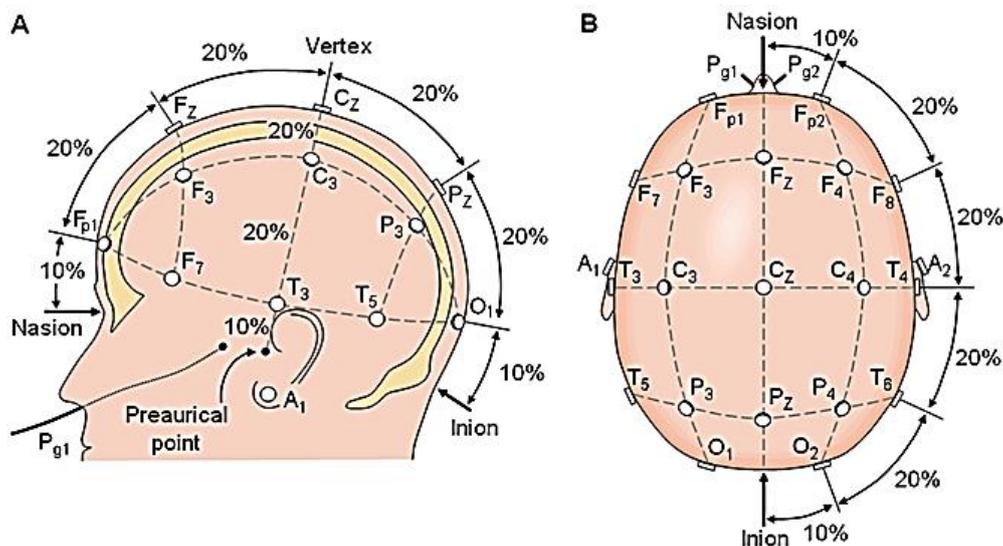


Рис. 1 – Международная система размещения электродов «10-20%».

Данное устройство позволяет измерить разность потенциалов, возникающую в простой электрической цепи, проведенной между сигнальным (signal electrode) и базовым электродом (reference electrode).

2. Разработка метода

2.1 Поиск паттерна

Прежде чем приступить к разработке метода распознавания паттернов ЭЭГ, по которому существует множество наработок в других, немедицин-

ских областях (распознавание образов на изображениях, видео, аудио сигналах), нужно было выяснить, существует ли какая-либо повторяемость на ЭЭГ сигнале при выполнении различного вида действий. В первую очередь нас интересовали движения конечностей: рук, ног, мелкая моторика кисти.

Первые эксперименты были проведены следующим образом: испытуемый располагался в кресле в расслабленной позе, глаза закрыты. Испытуемый совершал крупные движения конечностями: поднимал ноги, руки, сжимал, разжимал кулак. К сожалению, никакой повторяемости в ЭЭГ-сигнале выявлено не было. Также никакой информативности не дал спектральный вейвлет-анализ сигнала.

Проверялся отклик сигнала ЦНС на внешний раздражитель – короткую звуковую стимуляцию. Такой паттерн показал неплохую повторяемость. Вейвлет-спектрограмма с выделенными участками повторения показана на рис. 2. Однако этот тип паттернов не подходил для нашей конечной цели – создания полноценного нейрокомпьютерного интерфейса. Он несамостоятельный, вызван внешней средой, а значит не подходит в качестве управляющего. Однако эксперимент показал, что повторяемость в ЭЭГ-сигнале выявить можно и, что важнее, именно вейвлет-анализ дает наиболее информативную картину.

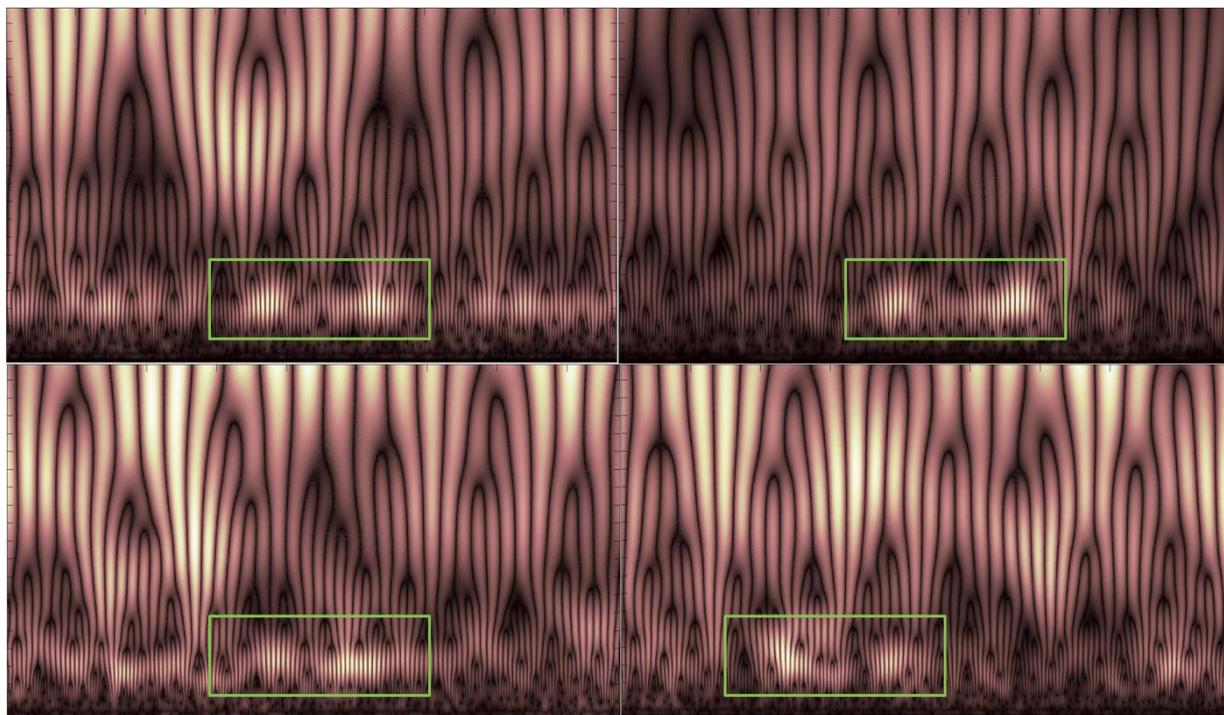


Рис. 2 – Вейвлет-спектрограммы звуковой стимуляции.

На основании работы [2] было решено исследовать комплексный паттерн, содержащий зрительную информацию, пространственные ориентиры,

намерение действия. Эксперимент был следующим: испытуемый, сидя в кресле с открытыми глазами, хватал кистью правой руки стоящую перед ним бутылку. Так же, как и в первых экспериментах, никаких закономерностей выявлено не было. Тем не менее, были получены довольно интересные, согласующиеся с теорией результаты. Исследуя коррелированность сигналов отдельных электродов была установлена большая синхронизация в левом полушарии для всех ритмов (рис. 3).

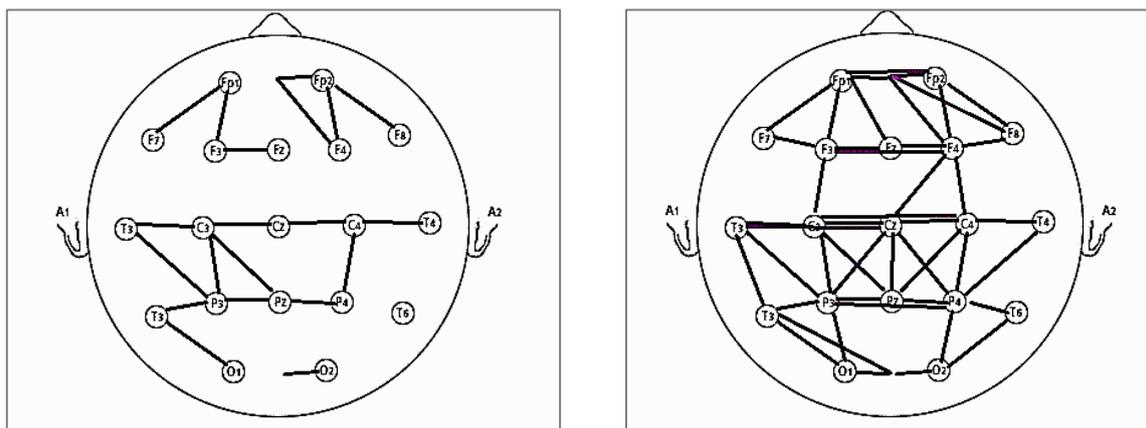


Рис. 3 – Коррелированные каналы α -ритма ЭЭГ сигнала: слева – при коэффициенте корреляции $r > 0.8$, справа – при $r > 0.7$.

Это согласуется с нейрофизиологией, согласно которой полушария головного мозга управляют диагональными частями тела, т.е. левое полушарие – правой стороной тела и наоборот. В наших опытах испытуемый выполнял движения правой рукой – соответственно большая синхронизация в левом полушарии. Однако причиной такого явления также может быть праворукость испытуемого. Также в α -ритме отчетливо заметна синхронизация 3-го и 4-го ряда электродов (ряд T3-T4, T5-T6). Эта область центральной борозды, где расположены сенсомоторные области коры больших полушарий.

Исходя из работ [4, 5], можно сделать вывод, что нашей аппаратуре не хватало чувствительности электродов, чтобы зафиксировать какие-либо отклонения в ЭЭГ-сигнале. Сегодня для реализации нейрокомпьютерного интерфейса зачастую используют вживленные электроды. Они обладают гораздо большей чувствительностью и локальностью, чем поверхностные электроды. Однако инвазивный метод – это рискованный, индивидуальный, затратный и зачастую опасный метод, т.к. может навредить головному мозгу.

В последних экспериментах проверялся паттерн «моргание глазами». Несмотря на то, что в диагностике этот паттерн считается артефактом, для

наших целей он хорошо подходит. Мы уже будем иметь как минимум три управляющих сигнала – моргание левым, правым и двумя глазами. Выяснено, что этот паттерн имел очень хорошую повторяемость и узнаваемую форму, разную для каждого управляющего сигнала (рис. 4).

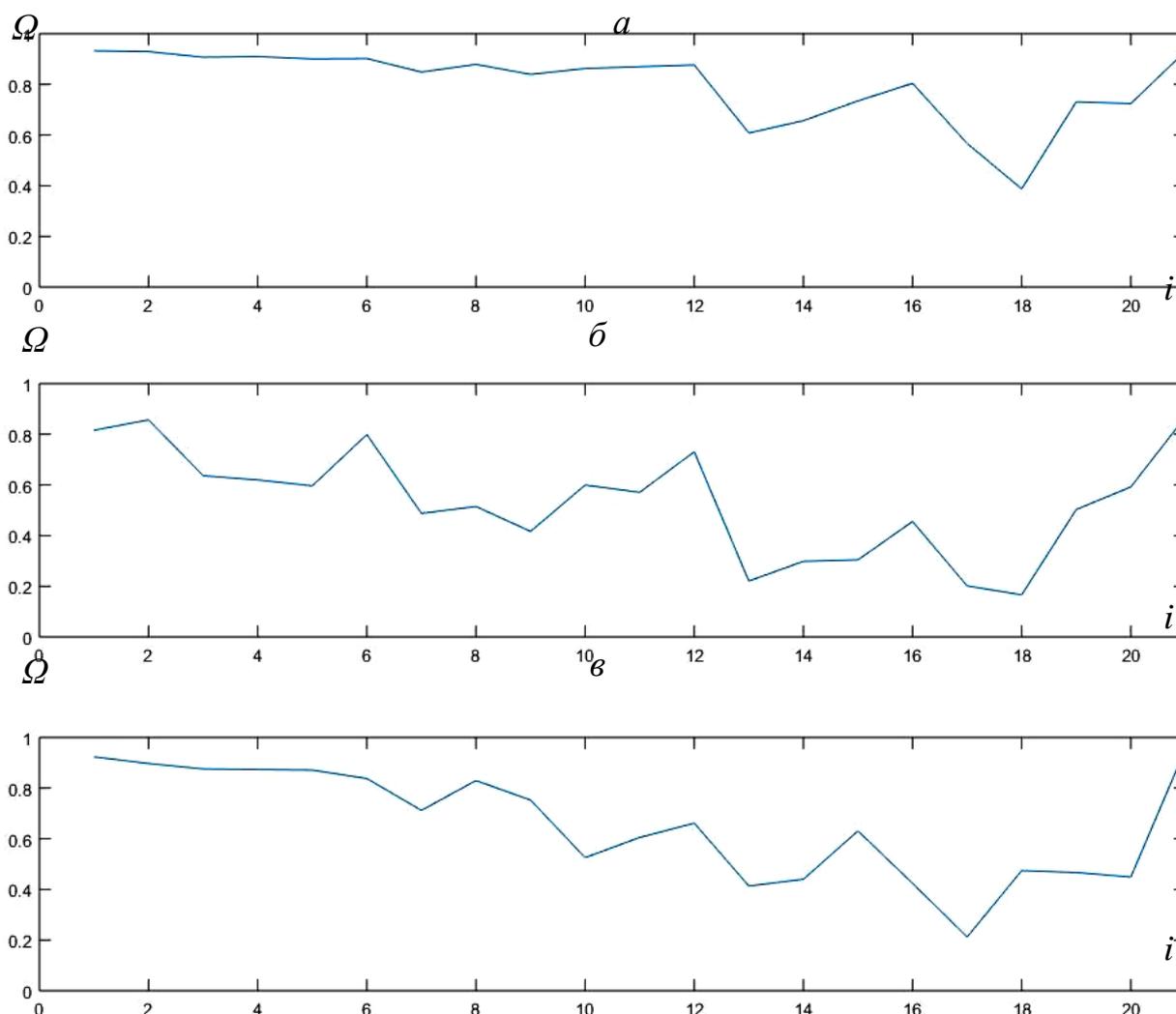


Рис. 4 – Весовые коэффициенты для: а – моргания двумя глазами, б – моргание левым глазом, в – моргание правым глазом.

Средняя корреляция по исследуемым паттернам показана в табл. 1.

Таблица 1

Средняя корреляция по исследуемым паттернам

Паттерн	Движение конечностей	Звуковая стимуляция	«Хват» кистью	Моргание
$\bar{r} \sim$	0.05	0.80	0.25	0.96

2.2 Формирование признакового пространства

Так как ЭЭГ-сигнал существенно не стационарен, то для его анализа можно применять статистические методы, в частности коэффициент корреляции Пирсона. Этот коэффициент оценивает «похожесть» сигналов. Пусть $x = (x_1, \dots, x_n)$, $y = (y_1, \dots, y_n)$ – два одномерных сигнала. Тогда коэффициент корреляции между векторами вычисляется по формуле:

$$r(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (10)$$

$$\text{где } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Паттерн «моргание глазами» имел хорошую повторяемость на ЭЭГ. Именно поэтому для проверки метода наш выбор пал на него. Коэффициент корреляции показывает «похожесть» сигнала. Этот коэффициент будет основой для формирования признакового пространства и классификатора. Как видно на рис. 4 паттерн моргания имеет довольно характерную форму, и с помощью коэффициента корреляции легко можно выяснить, имеется ли в исследуемом сигнале этот паттерн или нет. Однако проблема в том, что коэффициент корреляции плохо различает виды моргания между собой. Это происходит из-за того, что корреляция безразлична амплитуда сигнала, т.е. $u \equiv ku$, где u – сигнал, k – множитель. На рис. 4 видно, что у разного вида морганий разные амплитуды, но по форме они очень похожи. Поэтому дополнительно вводится коэффициент «похожести» амплитуд у сигналов.

В нашем методе запись ЭЭГ ведется от 21 электрода. Таким образом, у нас имеется 21 признак. Однако не все признаки одинаково важны при распознавании. Разные каналы имеют разную степень повторяемости. Для этого вводится весовой коэффициент для признака. Он показывает значимость признака при классификации. В нашем методе весовой коэффициент Ω складывается из коэффициента корреляции r , т.е. повторяемости формы сигнала, и амплитудной корреляции r_a – степени повторяемости амплитуды сигнала.

$$r(i) = \frac{\sum_{m=1}^S \sum_{n=1}^S \text{cor}(\text{cwt}(u(i,m)), \text{cwt}(u(i,n))) |u(i,m)|}{(S |u(i,m)|)^2}, \quad (11)$$

$$r_a(i) = \frac{\sum_{m=1}^S \sum_{n=1}^S \frac{|u(i,m)|}{|u(i,n)|} |u(i,m)|}{(S |u(i,m)|)^2}, \quad (12)$$

$$\Omega(i) = \frac{1}{2} r(i), \quad (13)$$

где S – число итераций в обучающей выборке, i – номер канала.

Графики весовых коэффициентов для разных видов моргания приведены на рис. 4. По оси абсцисс отложен номер канала i , по оси ординат – весовой множитель Ω .

Как видно из графиков для разных классов морганий, имеем разные весовые коэффициенты. Избавимся от избыточности данных, приняв доверительный весовой коэффициент $\Omega > 0.8$. Для каналов с меньшим весом $\Omega = 0$. Тем самым сократим число вычислений. При этом точность распознавания практически не изменится, т.к. зависимость экспоненциальная (рис. 5).

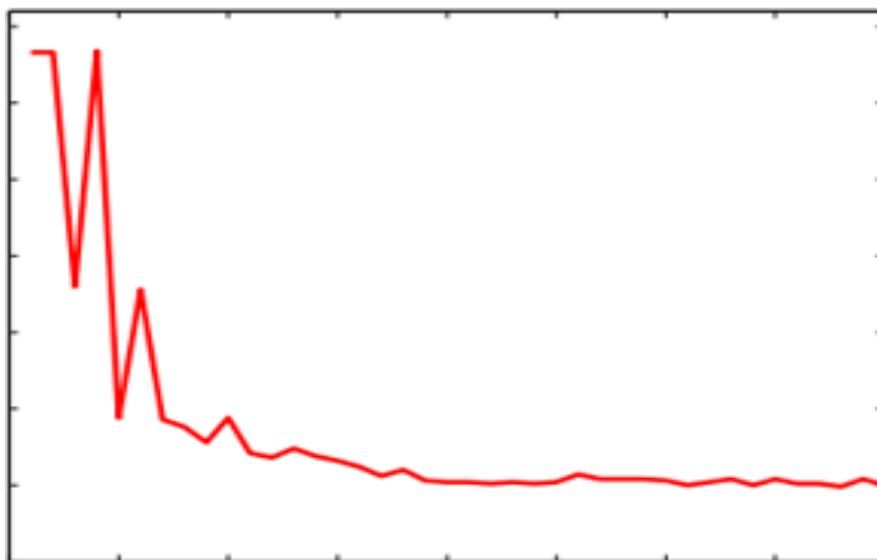


Рис. 5 – Изменение количества ошибок распознавания с увеличением числа признаков

2.3 Формирование образца паттерна

Для работы метода нужен некий достоверный образец паттерна. Этот образец будем сравнивать с исследуемым сигналом, и на основе сравнения классификатор будет принимать решение, есть ли в сигнале моргание или нет. Образец будем формировать из обучающей выборки. Образец – это усредненные по итерации спектрально-амплитудные характеристики паттерна. Из обучающей выборки вручную вырезались участки, соответствующие морганиям, фильтровались полосовым фильтром Баттерворта, строились вейвлет-спектрограммы. Полученные спектрограммы усреднялись по итерациям (рис. 6).

$$\varphi(i) = \sum_{n=1}^S \overline{cwt(u(i, n))}, \quad (14)$$

где S – число итераций в обучающей выборке, i – номер канала.

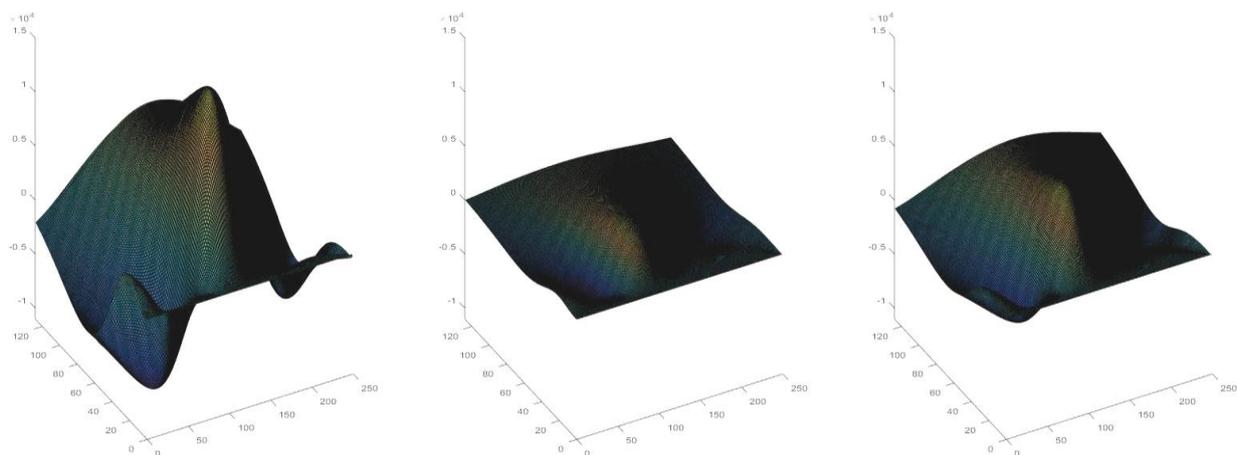


Рис. 6 – Образцы паттернов для канала Fr1 для классов: а – моргания двумя глазами, б – моргание левым глазом, в – моргание правым глазом.

2.4 Описание алгоритма классификации

Использование правильного классификатора является наиболее важным в области распознавания образов. У нас имеется три коэффициента, которые нужно учесть: коэффициент корреляции, амплитудный коэффициент корреляции и весовой множитель.

Пусть u – исследуемый сигнал, φ – образец, тогда распознавание происходит следующим образом (рис. 7-9):

1. Вычисляются коэффициенты корреляции для каждого канала

$$r(i) = \frac{\sum \text{cor}(\text{cwt}(u(i), \varphi) |u(i)|)}{|u(i)|}, \quad (15)$$

2. Вычисляются амплитудные коэффициенты

$$r_a(i) = \frac{\sum \frac{|u(i)|}{|\varphi(i)|} |u(i)|}{|u(i)|}, \quad (16)$$

3. Результирующая картина будет равна

$$R(i) = \frac{1}{r_a(i)} r(i) \Omega(i). \quad (17)$$

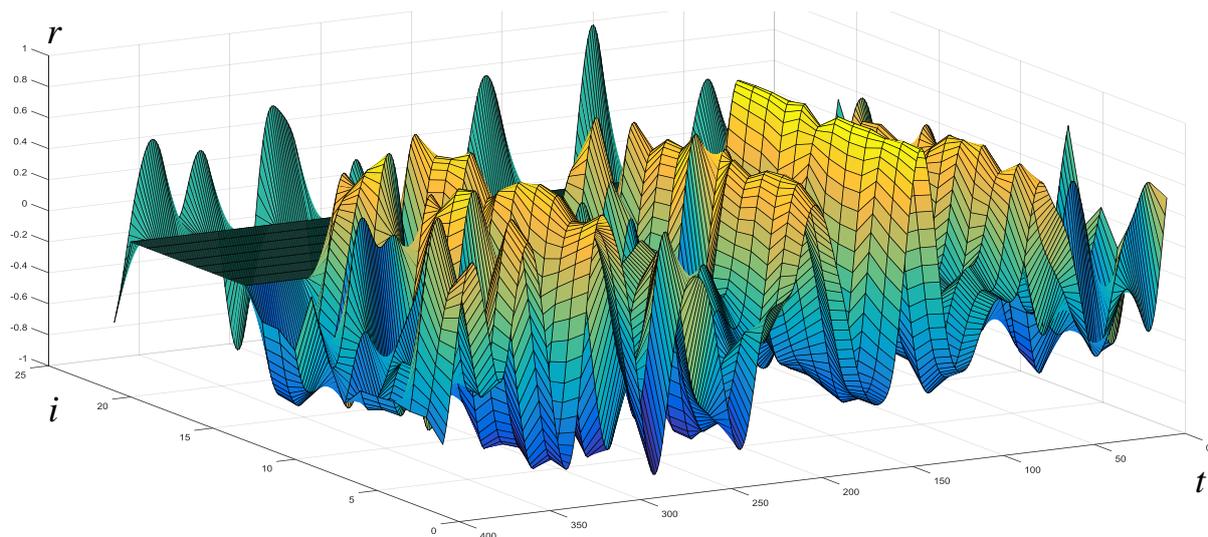


Рис. 7 – Корреляция участка сигнала для класса «моргание двумя глазами».

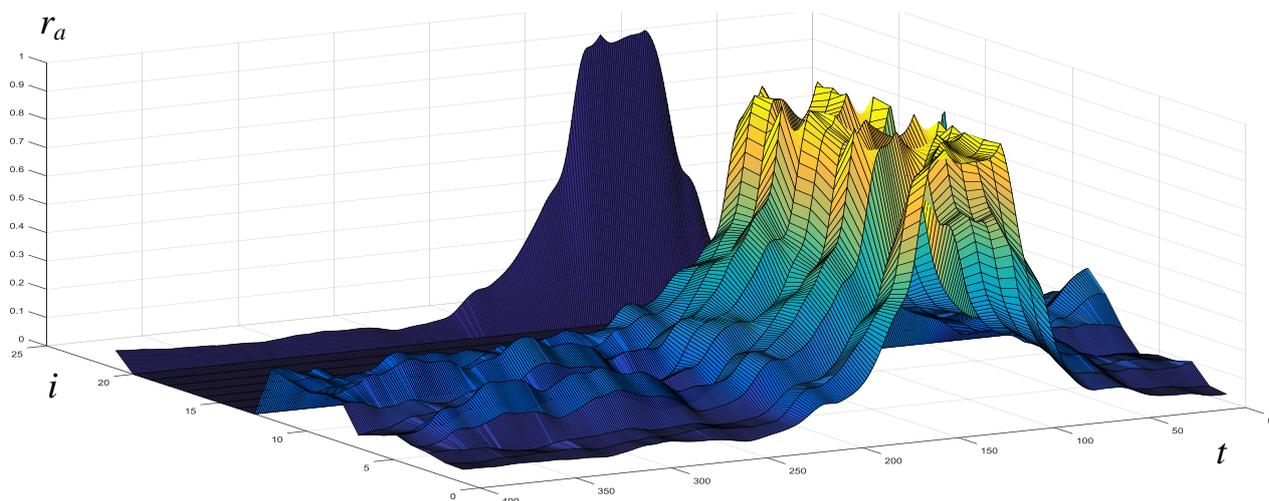


Рис. 8 – Амплитудная корреляция того же участка.

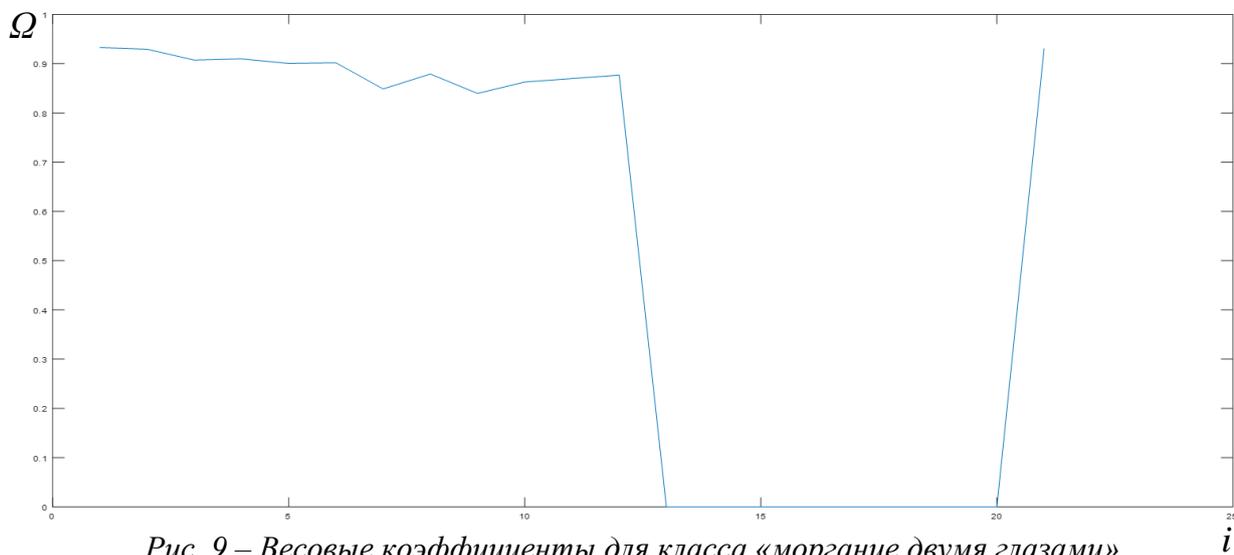


Рис. 9 – Весовые коэффициенты для класса «моргание двумя глазами».

На рис. 10 показана результирующая картина R , которая попадает в классификатор. На данном участке присутствует паттерн класса «моргание двумя глазами», точное местоположение этого паттерна хорошо видно на рис. 6 в виде резкого пика. При этом этот паттерн не зафиксирован в картинах для классов «моргание левым глазом» и «моргание правым глазом» (рис. 11 и 12 соответственно), а значит, наш метод не только точно определяет местоположение паттерна, но и хорошо различает классы.

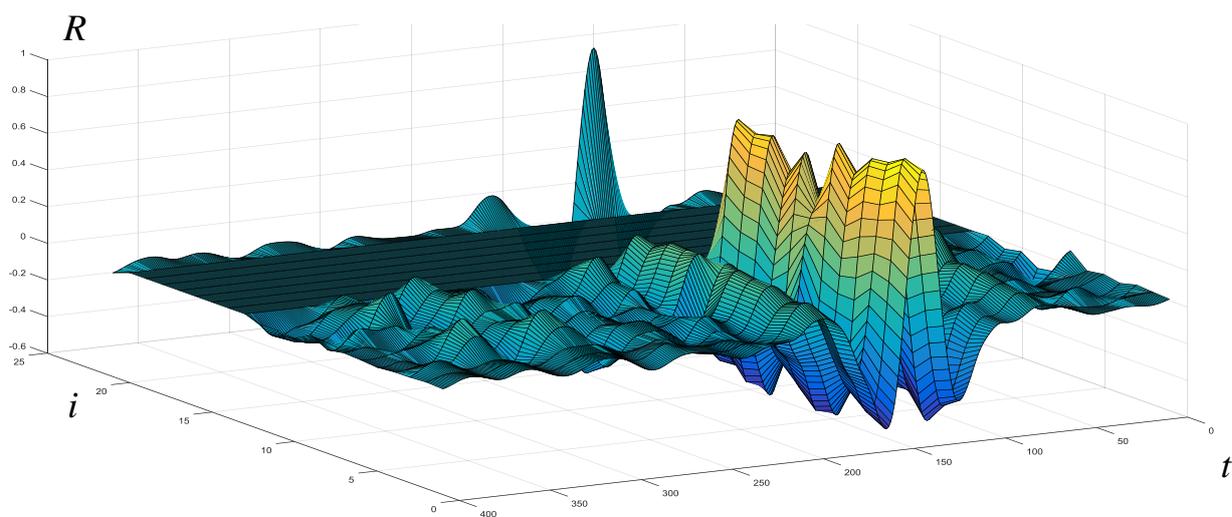


Рис. 10 – Результирующая картина, попадающая в классификатор.

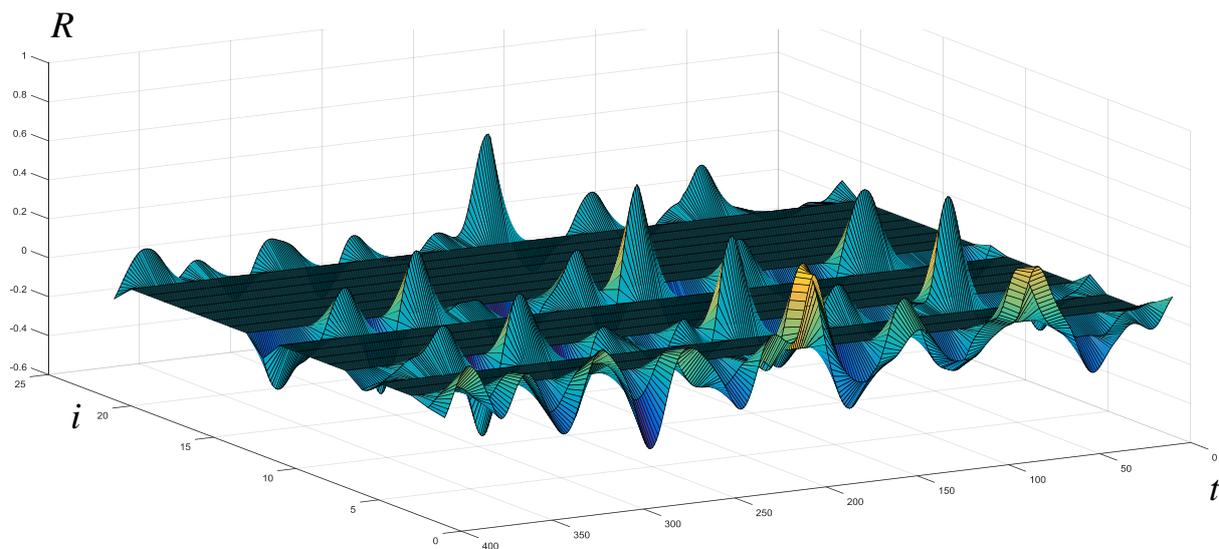


Рис. 11 – Та же картина для класса «моргание левым глазом»

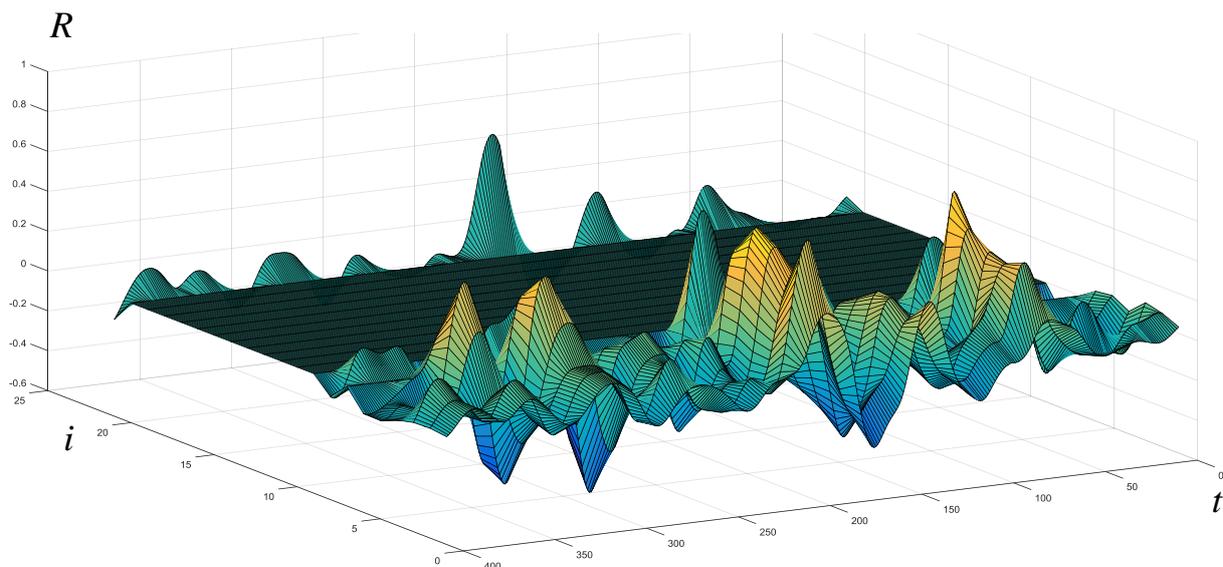


Рис. 12 – Та же картина для класса «моргание правым глазом»

Для окончательного решения присутствует ли в исследуемом сигнале паттерн или нет, результирующие коэффициенты суммируются по всем каналам, затем сумма сравнивается с порогом классификатора:

$$\sum_{i=1}^{21} R(i) > K, \quad (18)$$

где K – порог классификатора.

Порог классификатора – это некая балансная величина, с помощью которой можно настроить чувствительность классификатора.

3 Экспериментальная проверка предложенного метода

Схема работы метода представлена на рис. 13. Исследуемый сигнал фильтруется полосовым фильтром Баттерворта 5-го порядка в полосе частот $[0.3 \ 3.5]$ Гц. Затем окно размером в 250 отсчетов (1 с) сканирует сигнал и вырезает из него участок. Участок проходит вейвлет-преобразование. Затем вейвлет-спектрограмма сравнивается с образцом: вычисляются коэффициент корреляции (15), амплитудный коэффициент корреляции (16), результирующий коэффициент по формуле (17). Эта процедура проходит для каждого канала, весовой коэффициент которого больше нуля. Затем по формуле (18) сумма результирующих коэффициентов сравнивается с порогом классификатора. Таким образом определяется, есть ли в исследуемом сигнале данный паттерн или нет.

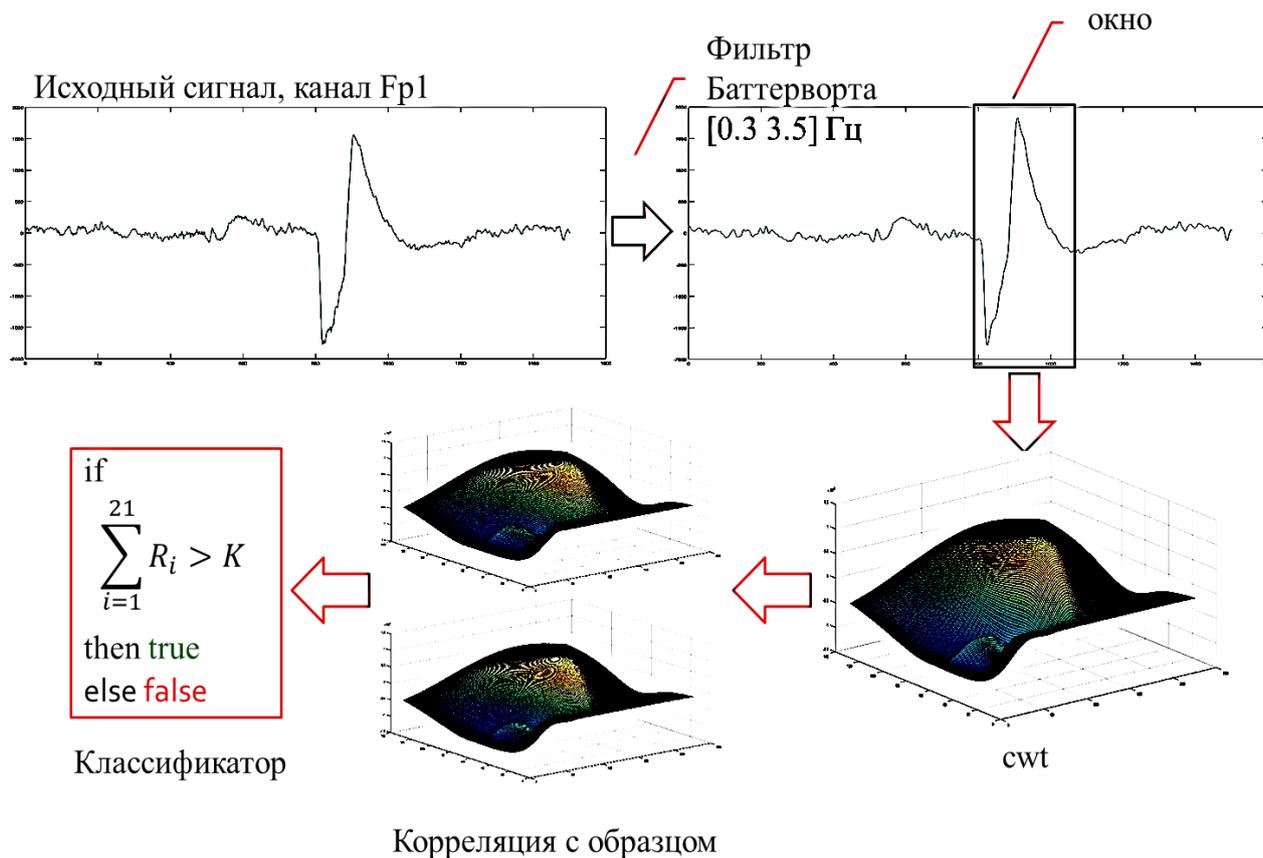


Рис. 13 – Схема работы метода.

Используя образцы паттернов, полученные в обучающей выборке, проверим точность метода на контрольной выборке. Матрица ошибок для контрольной выборки изображена на рис. 14.

		Экспериментальные классы			
		double	left	right	
Распознанные классы	double	100%	0%	0%	100%
	left	5%	80%	15%	80%
	right	5%	10%	85%	85%
		91%	89%	85%	88%

Рис. 14 – Матрица ошибок для контрольной выборки.

Из матрицы ошибок видно, что для класса «моргание двумя глазами» имеем достаточно высокий процент попадания. Для двух других классов больше вероятность ложного срабатывания на другой класс.

Заключение

Разработан метод распознавания паттернов сигнала ЭЭГ. Показано, что вейвлет-анализ является наиболее перспективным методом в исследовании таких сильно нестационарных сигналов, как ЭЭГ. Предложенный метод формирования признакового пространства показал высокое качество классификации для классов: моргания двумя глазами, моргание левым глазом, моргание правым глазом.

Разработанный нами метод имеет как достоинства, так и недостатки. К преимуществам можно отнести малую чувствительность к различного рода всплескам широкого диапазона частот, что часто происходит в ЭЭГ сигнале. Также мы получили достаточно высокую точность распознавания, в среднем 88% для трех классов паттернов. К недостаткам относится потребность к большим вычислительным мощностям и большое время распознавания, которое не позволяет пока вести *online* распознавание. Сейчас благодаря высокой точности распознавания имеется огромный ресурс по оптимизации метода, снижению времени распознавания и вычислительных потребностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жадин М.Н. Биофизические механизмы формирования электроэнцефалограммы. М.: Наука, 1984. 197 с.
2. Хакен Г. Принципы работы головного мозга: Синергетический подход к активности мозга, поведению и когнитивной деятельности. М.: ПЕР СЭ, 2001. 351с.
3. Agashe H.A., Paek A.Y., Zhang Y., Contreras-Vidal J.L. Global cortical activity predicts shape of hand during grasping // *Front. Neurosci.* 09.04.2015 URL: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnins.2015.00121/abstract>
4. Сологуб Е.Б. Электрическая активность человека в процессе двигательной деятельности. Л.: Медицина, 1973. 247 с.
5. A high-performance brain-computer interface / G. Santhanam et al. // *Nature*. 2006. №442. С. 195-198.

E-mail: dncfpd@dncfpd.ru

Л.А. Соловцова, канд. техн. наук, **Д.И. Слесарев**
Амурский государственный университет, Благовещенск

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО–СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ «ЧРЕСКОСТНЫЙ ОСТЕОСИНТЕЗ»

Представлен программный продукт информационно-справочной системы, этапы разработки, функциональные возможности.

Ключевые слова: чрескостный остеосинтез, 3d модель, модель аппарата фиксации костей, программная среда Unity3d.

Solovtsova L.A., Slesarev D.I.
Amur state university, Blagoveshensk

DEVELOPMENT OF INFORMATION AND REFERENCE SYSTEM "TRANSOSSEOUS OSTEOSYNTHESIS"

A program product information system, the stages of a break-processing, functionality.

Key words: chreskosny osteosynthesis, 3d model, model of the device-lock braid children, software environment Unity3d.

Информационно-справочная система «Чрескостный остеосинтез» позволит обучающимся медицинских образовательных учреждений использовать в рамках своего обучения трехмерные модели костей человека, а также анимацию сбора аппаратов для остеосинтеза в методически верной последовательности, давая им возможность более полноценным образом усваивать полученную информацию. Для программной реализации данного проекта были выбраны программная среда для создания трехмерных моделей Blender, а для создания пользовательского интерфейса и анимации – программная среда Unity3d.

Разработка продукта включала в себя несколько этапов. Первый – этап моделирования выбранных костей начинается с поиска подходящих и достоверных изображений костей. Изображения должны содержать максимально анатомически достоверные рисунки. Четкость изображений должна быть на таком уровне, чтобы было возможно силуэтно различать формы и особенности костей. Искомые изображения должны представлять объект (кость) как минимум с двух ракурсов, иначе при их обрисовке в программной среде *Blender* не представится возможным получить достоверные трехмерные модели.

При разработке моделей аппаратов фиксации костей отдельно моделировались составные части аппаратов, такие как винты, болты, гайки, кольцевые опоры, стрессоры, спицы, пластины.

Затем смоделированные составные части собирались в требуемые аппараты, отдельно взятых комплектаций. Для ускорения рутинного процесса создания большого количества отверстий в деталях под болты и винты был использован модификатор Boolean, предназначенный для вычитания одних фигур из других. Для придания аппаратам характерного металлического блеска (свойственного металлам, например для использующейся стали) в настройках бликования (*Specular*) было увеличено значение параметра *hardness*, отвечающего за степень размытия границ блика. По завершению разработки всех необходимых аппаратов к ним в сцены добавлялись модели костей, на которых имитировались определенные виды переломов. Разработанная модель представлена на рис. 1.

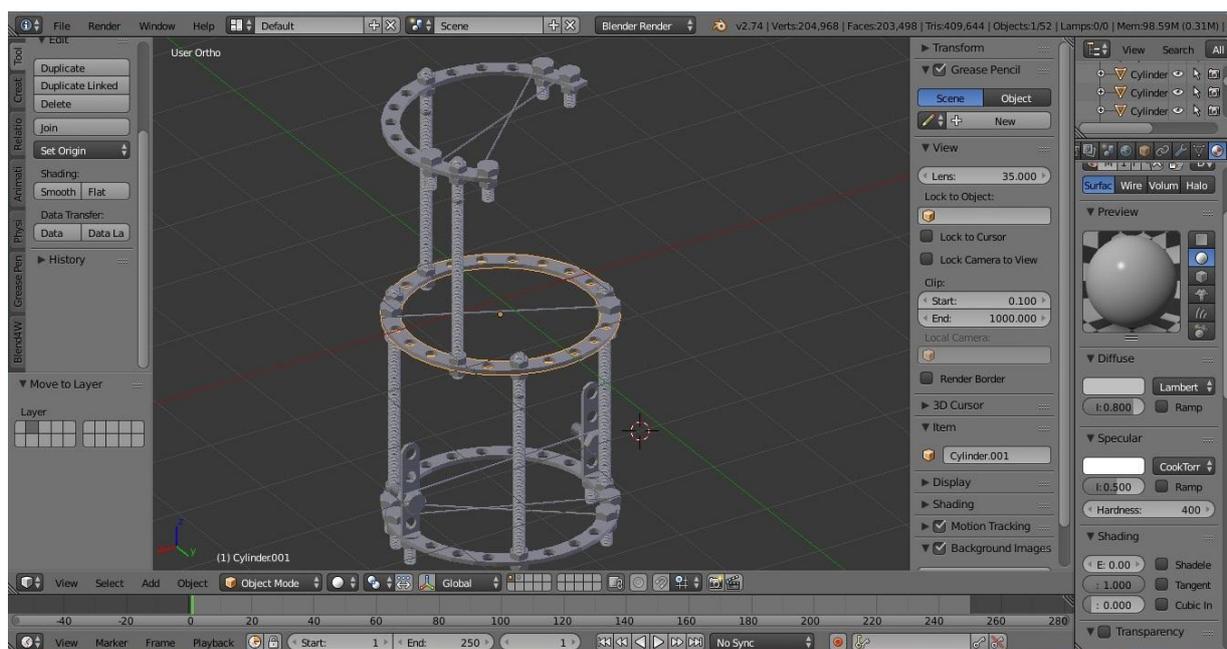


Рис. 1 – Разработанная модель аппарата внешней фиксации.

Создание меню начинается с создания новой сцены в программной среде *Unity3d*. Сцена меню включает в себя: камеру, рабочую область (*Canvas*), систему частиц (*Particle system*), заставку (*Background image*), игровые объекты (*Game object*). Камера необходима для рендера сцены. Рабочая область – активный участок сцены, который впоследствии будет отрисовываться камерой. Игровые объекты – в данном случае представлены окнами меню (главное меню, выбор кости, о программе) (рис.2).

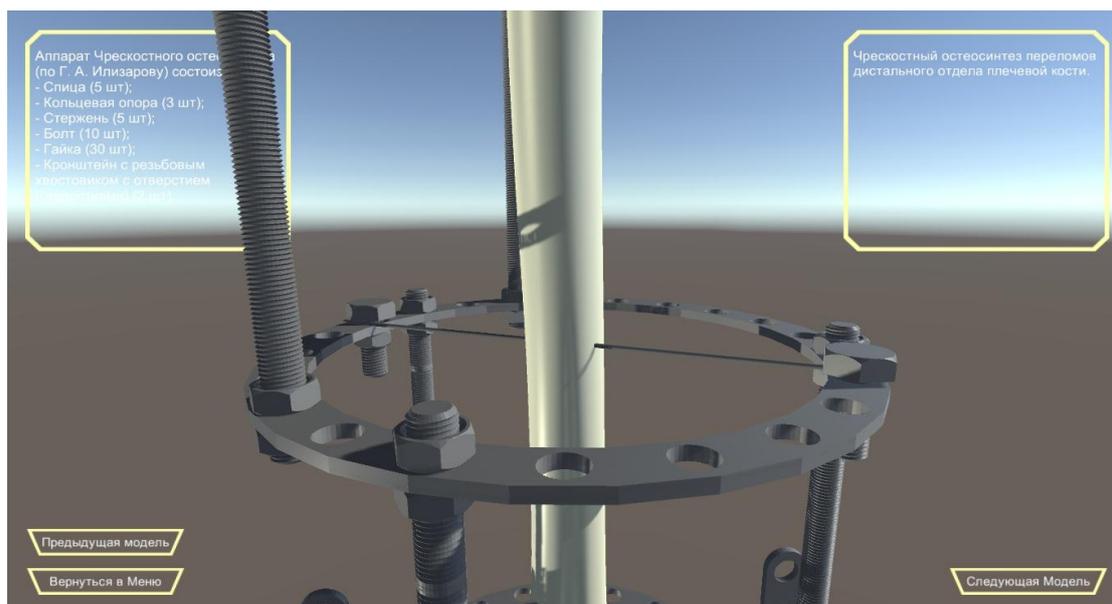


Рис. 2 – Приближенная и ротируемая модель.

Разработанное приложение обладает следующими возможностями. Доступен просмотр трехмерных моделей отдельно костей скелета человека с возможностью ротации и скроллинга. Демонстрация моделей фиксационных аппаратов, которые в виде анимации в методически верной последовательности устанавливаются на модели костей. Доступна краткая информация о костях, видах переломов и составе фиксационных аппаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кронистер Дж. Blender basic 2.6. Спб.: Эксмо-Пресс, 2012. 416с.
2. Коголовский М.Р. Перспективные технологии информационных систем. М.: ДМК-Пресс, 2003. 164 с.
3. Финни К. 3D-игры: Все о разработке. М.: БИНОМ, 2007. 973с.

E-mail: solovtsova64@mail.ru

© 2015 г. **М.Т. Луценко**, д-р мед. наук., академик РАН,
И.А. Андриевская д-р биол. наук., **Н.А. Ишутина** д-р биол. наук.,
Н.Н. Дорофиев, канд. мед. наук
*Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания,
Благовещенск*

СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ СТАБИЛЬНОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ У БЕРЕМЕННЫХ ПРИ ОБОСТРЕНИИ ЦИТОМЕГАЛОВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ

Предложен способ диагностики стабильности мембран эритроцитов, основанный на выявлении в сыворотке крови беременных фактора некроза опухолей α и расчете показателя коэффициента соотношения ω -6/ ω -3 жирных кислот.

Ключевые слова: беременность, цитомегаловирусная инфекция, эритроциты, ω -3, ω -6 жирные кислоты, фактор некроза опухолей α .

M.T. Lutsenko, I.A. Andrieyvskaya, N.A. Ishutina, N.N. Dorofienko
*Far-Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration,
Blagoveshchensk*

THE METHOD OF DIAGNOSTICS OF ERYTHROCYTES STABILITY IN PREGNANT WOMEN UNDER EXACERBATION OF CYTOMEGALOVIRUS INFECTION

The method to diagnose the stability of erythrocytes membranes was suggested. It is based on identification of tumor necrosis factor α and the calculation of coefficients of ω -6/ ω -3 fatty acids ratio in the blood serum of women.

Key words: pregnancy, cytomegalovirus infection, erythrocytes, ω -6/ ω -3 fatty acids, tumor necrosis factor α .

Известно, что фосфолипиды и входящие в их состав жирные кислоты являются основной составной частью мембраны эритроцита [3, 6]. Деструкция фосфолипидного слоя и жирно-кислотных остатков, вызванная высокой окислительно-восстановительной [1] и фосфолипазной активностью, приводит к увеличению микровязкости мембран [5, 7-9], трансформации эритроцитов, что, в свою очередь, вызывает преждевременный гемолиз клеток, развитие застойных явлений в микроциркуляторном русле и, как следствие, гипоксии [2, 10].

Особенно важно выделять неустойчивое предгемолитическое состояние эритроцитов у беременных с вирусными инфекциями герпетической группы (ВПГ-1,2, ЦМВ) для профилактики развития внутриутробной гипоксии плода, когда требуется сохранить здоровье будущего ребенка.

Выявление нестабильного предгемолитического состояния эритроцитов имеет решающее значение для профилактики гемической гипоксии. Однако реальные возможности оценки данного состояния ограничены отсутствием адекватных способов диагностики. Известные способы оценки устойчивости мембран эритроцитов основаны на анализе данных показателей периферической крови, например, осмотической, кислотной и/или механической стойкости эритроцитов. Однако все известные способы могут выявить только уже сформированные морфофункциональные изменения эритроцитов, являющиеся критерием патологического состояния, в том числе, гипоксии. Это приводит к тому, что гипоксия у беременных переходит в клиническую форму, сопровождается угрозой развития внутриутробной гипоксии плода, может вызвать осложнения беременности и требует адекватной терапии.

Нашими исследованиями показано, что при герпес-вирусной инфекции (ГВИ) в эритроцитах периферической крови беременных увеличивается количество ω -6 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) при одновременном уменьшении содержания ω -3 кислот, что свидетельствует о конформационных перестройках клеточных мембран [4]. Важным следствием изменения содержания в эритроцитах периферической крови беременных при ГВИ ω -3 и ω -6 жирных кислот является изменение вязкостных свойств мембран, повышенной трансформации клеток и их усиленного разрушения, однако для целей диагностики стабильности эритроцитов при ЦМВИ и действии на мембраны фактора некроза опухолей α (TNF α) выявленные закономерности в виде расчета коэффициента соотношения ω -6 (линолевая, арахидоновая) и ω -3 (α -линоленовая, эйкозапентаеновая, докозагексаеновая) ПНЖК еще не использовались.

Задачей исследования явилась разработка способа диагностики стабильности эритроцитов у беременных при обострении ЦМВИ, путем определения в сыворотке крови беременных TNF α и расчета коэффициента соотношения ω -6/ ω -3.

Способ осуществляют следующим образом.

Для получения диагностических критериев была исследована периферическая кровь 25 беременных с обострением ЦМВИ, и 25 беременных, не болевших на всем протяжении гестации. У обследуемых беременных производили забор крови из вены в пробирку с гепарином (1:25), центрифугировали, отбирали плазму, в которой методом иммуноферментного анализа определяли IgM и титр антител IgG к ЦМВ, содержание TNF α . Осадок

эритроцитарной массы использовали для выявления методом газожидкостной хроматографии ω -6 и ω -3 ПНЖК. Метилирование жирных кислот осуществляли по методу Carren J.P. и Dubacy J. [11]. Обсчет и идентификацию полученных пиков выполняли с помощью программно-аппаратного комплекса «Хроматек Аналитик 2,5» по мере удерживания с использованием стандартов фирмы «Supelco» (USA). Полученные результаты содержания ω -6 и ω -3 ПНЖК использовали для вычисления коэффициента их соотношения (К) по формуле: $K = \Sigma\omega\text{-}6 / \Sigma\omega\text{-}3$, где $\Sigma\omega\text{-}6$ – сумма показателей линолевой и арахидоновой кислот, %; $\Sigma\omega\text{-}3$ – сумма показателей α -линоленовой, эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот, %. При значениях TNF α $110 \pm 1,97$ пг/мл и коэффициента соотношения $\Sigma\omega\text{-}6 / \Sigma\omega\text{-}3$ (К) больше 0,67 диагностируют нестабильное состояние мембран эритроцитов и с вероятностью 95% прогнозируют развитие гемической гипоксии.

Правильность выводов и возможность диагностики нестабильного состояния эритроцитов для оценки развития гемической гипоксии была подтверждена результатами комплексного обследования 25 беременных с ЦМВИ и 25 беременных без проявлений заболевания в период беременности. У беременных с обострением ЦМВИ, которое подтверждалось наличием IgM и в динамике через 10 дней высоким 1:1600 титром антител IgG, отмечалось увеличение содержания в сыворотке крови TNF α до $110 \pm 1,97$ пг/мл и в мембранах эритроцитов ω -6 жирных кислот: линолевой до $5,43 \pm 0,22\%$ и арахидоновой до $3,26 \pm 0,12\%$ при снижении ω -3 жирных кислот: α -линоленовой до $0,13 \pm 0,04\%$, эйкозапентаеновой $1,10 \pm 0,05\%$ и докозагексаеновой $6,10 \pm 0,18\%$, коэффициент соотношения $\Sigma\omega\text{-}6 / \Sigma\omega\text{-}3$ (К) составил $1,19 \pm 0,07$, что позволило с 95% вероятностью диагностировать нестабильное состояние эритроцитов. У беременных без проявлений заболевания в период гестации содержание в сыворотке крови TNF α составило $20 \pm 0,86$ пг/мл и в мембранах эритроцитов ω -6 жирных кислот линолевой не превышало значений $4,81 \pm 0,16\%$ и арахидоновой до $2,94 \pm 0,10\%$. Показатели ω -3 жирных кислот α -линоленовой определялось на уровне $0,22 \pm 0,02\%$, эйкозапентаеновой $1,19 \pm 0,08\%$ и докозагексаеновой $8,54 \pm 0,27\%$. Коэффициент соотношения $\Sigma\omega\text{-}6 / \Sigma\omega\text{-}3$ (К) составил $0,67 \pm 0,04$.

Таким образом, представленные результаты показывают, что при содержании в сыворотке крови TNF α $110 \pm 1,97$ пг/мл и значениях коэффициента соотношения $K = \Sigma\omega\text{-}6 / \Sigma\omega\text{-}3$ больше 0,67 определяют нестабильное состояние эритроцитов, что подтверждает диагностическую значимость определения данного коэффициента для прогнозирования гемической гипоксии.

Представленный способ повышает чувствительность методов оценки нестабильного состояния эритроцитов и позволяет на ранних стадиях, до клинических проявлений, прогнозировать с вероятностью 95% развитие гемической гипоксии у беременных с обострением ЦМВИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андриевская И.А. Характер окислительно-восстановительных процессов в эритроэне рожениц и новорожденных при герпес-вирусной инфекции // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2008. №28. С. 33-35.
2. Буриходжаева Н.К., Каримова Д.Х., Баширова Н.С. Фосфолипидный состав эритроцитов матери и плода при беременности, осложненной гестозом // Медицинский журнал Узбекистана. 1991. №5. С.56-59.
3. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. М.: Наука, 1972.
4. Ишутина Н.А. Взаимосвязь изменений ω -3 и ω -6 полиненасыщенных жирных кислот при беременности, осложненной герпес-вирусной инфекцией // Фундаментальные исследования. 2010. №10. С.55-62.
5. Ишутина Н.А., Андриевская И.А., Дорофиенко Н.Н. Малоновый диальдегид и фактор некроза опухолей α при цитомегаловирусной инфекции // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2015. Вып. 55. С. 78-81.
6. Кучеренко Н.Е., Васильев А.Н. Липиды. Киев: Вища школа, 1985.
7. Пат. 2389021 РФ. Способ оценки структурно-функционального состояния мембран эритроцитов периферической крови у беременных при обострении герпес-вирусной инфекции / М.Т. Луценко, И.А. Андриевская, Н.А. Ишутина // Официальный бюл. «Изобретения. Полезные модели». 2010. №13.
8. Луценко М.Т., Андриевская И.А., Ишутина Н.А. Изменение микровязкости мембран эритроцитов периферической крови при обострении герпес-вирусной инфекции у беременных // Информатика и системы управления. 2010. №2. С. 98-100.
9. Луценко М.Т., Андриевская И.А., Ишутина Н.А., Мироненко А.Г. Микровязкость мембран эритроцитов периферической крови беременных с рецидивом цитомегаловирусной инфекции на третьем триместре гестации // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. №4-2. С. 23-29.
10. Луценко М.Т., Андриевская И.А., Ишутина Н.А. Механизмы формирования гипоксии в период беременности и нарушение кровоснабжения плода при цитомегаловирусной инфекции // Вестник РАМН. 2015. №1. С. 106-111.
11. Carren J.P., Dubacy J. Adaptacion of a micro-seale method to the micro-seale for fatty acid methyl trausestenif: cation of biological lipid extracts // Chromatography. 1978. Vol. 151. P. 384-390.

E-mail: dncfpd@dncfpd.ru

©2015 г. Л.Н. Орленкович, д-р мед. наук

ООО «Медицина труда» НИИ Охраны труда и здоровья окружающей среды Рижского университета Страдыня, Рига, Латвия

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВНУТРИ- И МЕЖСИСТЕМНЫХ КОРРЕЛЯЦИЙ БИОМАРКЕРОВ ЭФФЕКТА ПРИ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ РЕГЛАМЕНТАЦИИ БИОПРЕПАРАТОВ

Анализ динамики внутри- и межсистемных корреляций между показателями микробиоты кишечника, иммунной системы, функционального состояния нервной системы, печени, почек крыс выявил сохранение, исчезновение, появление парадоксальных и новых взаимосвязей, что позволило корректно установить пороги общего токсического действия для обоснования санитарных стандартов.

Ключевые слова: биопрепарат, крысы, динамика внутри- и межсистемных корреляций, санитарная стандартизация.

©2015 L.N. Orlenkovich

«Labour Medicine, Ltd», Scientific Research Institute of Occupational and Environmental Health of Stradin Riga University, Riga, Latvia

STUDY OF THE INTRA AND INTERSYSTEM CORRELATIONS DYNAMICS OF BIOPREPARATIONS EFFECT BIOMARKERS AT HIGIENIC REGLAMENTATION

An analysis of pair correlations between intra/intersystem indices dynamics of gut microflora, immune system, functional state of the nervous system, liver and kidneys of rats is revealed retention, disappearance, appearance of paradoxical and new pair correlations. It's allow the correct biopreparations chronic effect threshold definition with substantiation of hygienic safety standards.

Key words: biopreparation, rats, the intra/intersystem correlations dynamics, hygienic reglamentation

Профилактика заболеваний, связанных с воздействием факторов производственной среды, является приоритетной в профилактической токсикологии. Обоснование гигиенических нормативов требует от токсикологов анализа воздействия препаратов с учетом их влияния на гомеостаз организма в целом и его отдельных систем с количественной и качественной оценкой токсического эффекта на низких уровнях дезинтеграции. Использование комплексной регистрации биомаркеров эффекта по изменениям среднестатистических значений и методом парных корреляций дает возможность более точной оценки изменений состояния организма и механизмов защиты от воздействия антигенов микробного происхождения. Данные исследова-

ния необходимы для обоснования новых биомаркеров эффекта при гигиеническом нормировании биопрепаратов.

С целью установления порогов общего токсического действия биопрепаратов проведен анализ динамики внутри- и межсистемных парных корреляций между показателями микробиоценоза кишечника, иммунной системы, функционального состояния нервной системы, печени, почек крыс.

Материал и методы исследований. Изучены биопрепараты на основе энтомопатогенных грибов и бактерий вида *Bacillus thuringiensis* в экспериментах при повторном 4-х месячном ингаляционном поступлении на уровне недействующей, пороговой, действующей концентраций. В опытах использованы белые беспородные крысы-самцы массой 180-220 г, содержащиеся в стандартных условиях вивария на стандартном пищевом рационе. Статистическая группа состояла из 16 особей. Исследования проведены согласно методическим рекомендациям [4] в соответствии с правилами Европейской конвенции по защите позвоночных животных для экспериментальных целей (Страсбург, 1986).

Регистрацию биомаркеров эффекта проводили через 1, 2, 3, 4 месяца эксперимента. Для оценки поведенческих и вегетативных реакций крыс использован метод "открытое поле" [3]. В качестве биохимических маркеров состояния организма оценивали содержание в сыворотке крови общего белка, альбумина, β -глобулина, мочевины, глюкозы, креатинина, холестерина, малонового диальдегида; в сыворотке крови определяли активность трансаминаз, щелочной фосфатазы, лактатдегидрогеназы. Функциональное состояние почек оценивали определением диуреза, содержания белка, мочевины, хлоридов и креатинина в моче [1]. В микробиоценозе кишечника определяли количество анаэробов, бифидобактерий, лактобацилл, бактероидов, аэробов, кишечных палочек, протеев, стафилококков, грибов рода *Candida* [5]. Для изучения иммунной системы использовали реакцию ауторозеткообразования на тимоцитах, спленоцитах и лимфоцитах крови; изучали титр антител, содержание лизоцима, белков острой фазы, γ -глобулинов и активность комплемента в сыворотке крови, показатели фагоцитарной реакции нейтрофилов крови [6, 11].

Парные корреляции между биомаркерами эффекта выявляли с применением пакета прикладных программ «*Statistica 6.0*». Исходя из количества животных в группе, регистрировали сильные ($0,7 \leq R \leq 1,0$) и средние ($0,497 \leq R \leq 0,699$) взаимосвязи ($P < 0,05$). Достоверность парных корреляций оценивали с помощью χ^2 -теста (*Pearson Correlation, SPSS for Windows 16*).

Результаты исследований и их обсуждение. Минимальные дозы препаратов не вызывали изменений среднестатистических значений показателей во все сроки исследования. В пороговых дозах изменялись: количества защитной аутофлоры, отдельные показатели клеточного и гуморального иммунитета, функционального состояния нервной системы, печени, почек. В действующих дозах изменялись: масса тела, морфологический состав периферической крови, функциональное состояние нервной системы; выявлен мембранотоксический эффект, дисбиоз 2-3 степени, иммунодепрессивный эффект [7, 8, 9].

Анализ динамики парных корреляций между внутри- и межсистемными биомаркерами эффекта при воздействии минимальных концентраций препаратов выявил исчезновение и появление новых взаимосвязей во все сроки исследования; появление парадоксальных (изменивших знак парной корреляции на противоположный) взаимосвязей после 3 и 4 месяцев воздействия [7, 8, 9].

Оценка динамики взаимосвязей показателей поведенческих и вегетативных реакций крыс в минимальных дозах выявила нарастание возбуждения в нервной системе, реакции защитного торможения и др. Длительная антигенная нагрузка на организм характеризует состояние конфликта, свидетельствуя о поведении смещенной активности с преобладанием мотивации страха [8]. Исчезновение и появление новых взаимосвязей между представителями аутофлоры кишечника крыс указывает на синергизм защитной анаэробной микрофлоры между собой и ее антагонизм в отношении условно-патогенной микробиоты в разные сроки исследования [7]. Сохранение взаимосвязей между показателями иммунной системы указывает на развитие нормального ответа на воздействие минимальной дозы антигена с активацией Т-/В-систем иммунитета и факторов неспецифической защиты организма. Новые взаимосвязи свидетельствуют об активации В-системы иммунитета, определяющей антитоксический иммунитет [9].

Оценка внутри- и межсистемных взаимосвязей при воздействии пороговых концентраций антигенов указывает на активацию защитных сил организма. Появление парадоксальных и новых взаимосвязей компенсирует изменения в гомеостазе организма. Изменение биомаркеров эффекта указывает на снижение функции экологического барьера, напряжение регуляторных механизмов факторов защиты организма, не выходящих за пределы его компенсаторных возможностей [7, 8, 9].

Оценка динамики взаимосвязей показателей поведенческих и вегета-

тивных реакций крыс в пороговых дозах препаратов выявила сохранение, исчезновение, появление новых и парадоксальных корреляций в разные сроки воздействия. Новые обратные взаимосвязи указывают на развитие защитного торможения, новые прямые корреляции – на снижение ориентировочно-исследовательской активности и замещением ее грумингом. Антигенная нагрузка на организм в данной дозе характеризует состояние конфликта, выявляя поведение смещенной активности [8]. Новые обратные и парадоксальные взаимосвязи между представителями аутофлоры кишечника указывают на нарастание анаэробной/аэробной условно-патогенной аутофлоры. Синергизм защитной анаэробной микрофлоры между собой и антагонизм с условно-патогенной аутофлорой сохраняет микробиоценоз кишечника в состоянии динамического равновесия [7]. Воздействие препаратов на иммунную систему выявило сохранение, исчезновение, появление парадоксальных и новых взаимосвязей в разные сроки эксперимента. Исчезновение, появление парадоксальных корреляций компенсируется новыми взаимосвязями, что свидетельствует о мобилизации В-системы иммунитета, определяющей антитоксический иммунитет [9].

Анализ динамики внутри- и межсистемных парных корреляций в действующих дозах препаратов указывает на резкое снижение функции экологического барьера и перенапряжение регуляторных механизмов факторов защиты организма, выходящих за пределы его компенсаторных возможностей. Появление линейных функциональных зависимостей ($r=+1,0$ / $r=-1,0$) между показателями указывает на тотальную мобилизацию защитных сил организма на действие токсической дозы антигенов [7, 8, 9]. Полученные результаты сопоставимы с данными других исследователей, так как показали, что «уровень корреляций между параметрами изменяется в сторону повышения при увеличении адаптационной нагрузки» [2, 10].

Анализ динамики внутри- и межсистемных парных корреляций в хроническом эксперименте при воздействии биопрепаратов на организм подопытных животных позволил обосновать новые гигиенически значимые биомаркеры эффекта для установления порогов общего токсического действия с оценкой степени напряженности компенсаторных механизмов при интоксикации. Обоснованные биомаркеры эффекта могут быть использованы при гигиенической регламентации биопрепаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кост Е. А. Справочник по клиническим лабораторным методам исследования. М.:

Медицина, 1975.

2. Кытикова О.Ю., Гвозденко Т.А., Виткина Т.И. Роль нарушений координации иммунометаболических процессов в патогенезе хронического воспаления // «Системный анализ в медицине» (САМ 2014): Сб. материалов VIII науч. конфер. Благовещенск, 2014. С. 224-227.
3. Маркель А.Л., Хусаинов Р.А. Метод комплексной регистрации поведенческих и вегетативных реакций у крыс при проведении теста «открытого поля» // ЖВНД. 1976. Т.26, №6. - С. 1314-1318.
4. Методические рекомендации по токсикометрии / под ред. И.В. Саноцкого. М.: Секретариат СЭВ, 1987.
5. Микельсаар М.Э., Ленцнер А.А., Гольянова Л.А. Методика определения количественного состава микрофлоры кала // Лабораторное дело. 1972. №1. С. 41-45.
6. Новиков Д.К., Новикова В.И. Клеточные методы иммунодиагностики. Минск: Беларусь, 1979.
7. Орленкович Л.Н. Новые биомаркеры эффекта для оценки риска воздействия биоинсектицидов на микробиоценоз кишечника // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. Минск, 2012. Вып. 21. С. 176-185.
8. Орленкович Л.Н. Новые биомаркеры эффекта для оценки поведения крыс в тесте «открытое поле» при воздействии биоинсектицидов // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. Минск, 2013. Вып. 22. С. 190-194.
9. Орленкович Л.Н. Новые биомаркеры эффекта для оценки состояния иммунной системы при воздействии биопрепаратов в хроническом эксперименте // Здоровье и окружающая среда: сборник научных трудов. Минск, 2014. Вып. 24. С. 211-215.
10. Разжевайкин В.Н., М.И. Шпитонков, Герасимов А.Н. Применение метода корреляционной адаптометрии в медико-биологических задачах. Исследование операций. М.: ВЦ РАН, 2002.
11. Ремизов П.И., Башмаков Г.А. Методы определения естественной (неспецифической) резистентности организма: уч. пособие. Л.: ВМА им. С.М.Кирова, 1976.

E-mail: lilyorlenkovich@mail.ru

УДК 616.24-073.173/.756.8:616.248-08-07

А.В. Ильин, Ю.М. Перельман, д-р мед. наук,
А.Г. Приходько, д-р мед. наук, **А.В. Леншин**, д-р мед. наук
Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания,
г. Благовещенск

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ КОНТРОЛЯ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БРОНХИАЛЬНОЙ ПРОХОДИМОСТИ И ВОЗДУХОПОЛНЕННОСТИ ЛЕГКИХ

Авторами проведен ретроспективный анализ функциональных показателей больных бронхиальной астмой с достигнутым и недостигнутым контролем. На основе анализа разработан способ диагностики достижения контроля бронхиальной астмы с использованием показателей бронхиальной проходимости и воздухополненности легких, полученных методами спирографии и компьютерной томографии с трехмерной волюметрией.

Ключевые слова: контроль бронхиальной астмы, бронхиальная проходимость, воздухополненность легких, трехмерная волюметрия.

A.V. Ilyin, J.M. Perelman, A.G. Prihodko, A.V. Lenshin
Far-Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration, Blagoveshchensk

PROGNOSTICATION OF BRONCHIAL ASTHMA MANAGEMENT USING THE PARAMETRES OF BRONCHIAL CONDUCTANCE AND LUNGS AIR FULLNESS

Retrospective analysis of functional features of asthmatics with achieved and unachieved management of the disease was done. On the basis of analysis the method to diagnose the achievement of bronchial asthma management using the parameters of bronchial conductance and lungs air fullness obtained with spirometry and computer-aided tomography and three dimensional volumetry was developed.

Key words: bronchial asthma control, bronchial conductance, lungs air fullness, three dimensional volumetry.

Одним из ключевых клинических понятий, применяемых в современной пульмонологии, является контроль над заболеванием. В отношении бронхиальной астмы (БА) достижение контроля на современном этапе развития медицины является сложной задачей. Основной целью прогнозирования достижения контроля является разработка алгоритма ведения больного БА, который позволит достичь контролируемого течения заболевания вне зависимости от степени тяжести БА. В настоящее время разработано и про-

должает разрабатываться большое количество способов прогнозирования контроля БА, основанных на различных критериях, что указывает на возрастающую актуальность проблемы в современной науке. С учетом доказанного факта изменения воздухонаполненности легких у больных бронхиальной астмой в зависимости от степени контроля над заболеванием [1] была предпринята попытка разработать способ прогнозирования с использованием не только функциональных показателей, но и показателей трехмерной волюметрии.

Цель исследования – разработать способ прогнозирования достижения контроля бронхиальной астмы с использованием показателей бронхиальной проходимости и воздухонаполненности легких.

Материалы и методы исследования

Была исследована группа больных БА (n=64). В программу исследования вошли методы спирографии, бодиплетизмографии и компьютерная томография с инспираторно-экспираторным тестом. По результатам КТ-исследования проводился волюметрический анализ в ограниченном денситометрическом диапазоне от -850 HU и ниже, соответствующему плотности воздуха (трехмерная волюметрия). Выделялся ряд показателей, характеризующий воздухонаполненность легких: ИВ₂ – инспираторная воздухонаполненность легких, ЭВ₂ – экспираторная воздухонаполненность, ОВ₂ – относительный экспираторно-инспираторный показатель (ЭВ₂/ИВ₂), измеряемый в % [2].

Спустя 6 месяцев после первичного обследования и после проведенного лечения, больные БА были обследованы вновь. Данная группа была разделена на пациентов, достигших контролируемого течения БА (группа 1) и не достигших контроля (группа 2). В первую группу вошли 15 больных БА, во вторую – 39.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты проведенного сравнительного ретроспективного анализа представлены в табл. 1. Анализируя данные сравнения, следует отметить более выраженное нарушение вентиляционной функции в группе больных с недостижимым контролем БА. В этой группе было отмечено уменьшение ИВ₂ в сравнении с группой 1 32,5%, ЭВ₂ и ОВ₂ также были выше в группе 2, демонстрируя большую остаточную воздухонаполненность легких у пациентов этой группы. Достоверное отличие (p<0,05) по критерию Колмогорова-Смирнова продемонстрировал относительный экспираторно-инспираторный показатель (ОВ₂).

Таблица 1.

Показатель	Группа 1 (M±m)	Группа 2 (M±m)	Вероятность различия, p
ОФВ ₁ , л	3,1±0,2	2,5±0,1	p<0,05
МОС ₅₀ , л	3,1±0,3	2,5±0,3	p>0,05
МОС ₇₅ , л	1,2±0,1	0,9±0,1	p>0,05
СОС ₂₅₋₇₅ , л	2,6±0,3	2,1±0,2	p>0,05
ИВ ₂ , vox.	4150,5±593,4	2990,5±241,8	p>0,05
ЭВ ₂ , vox.	290,8±96,9	455,6±110,1	p>0,05
ОВ ₂ , %	6,3±1,8	12,8±2,0	p<0,05
ОЕЛ, %	107,3±3,6	103,6±2,4	p>0,05
ВГО, %	99,2±5,1	97,6±4,2	p>0,05
ООЛ, %	111,6±6,5	110,0±6,4	p>0,05
ООЛ/ОЕЛ, %	101,9±5,1	104,2±4,7	p>0,05
ВГО/ОЕЛ, %	92,8±3,4	97,4±3,3	p>0,05

Из всех показателей спирометрии, характеризующих бронхиальную проходимость, наиболее достоверным было отличие по ОФВ₁ (p<0,05), значение которого в группе 1 было больше на 23,6%. Наименее достоверно отличались показатели групп 1 и 2, полученные методом бодиплетизмографии.

Из всей совокупности показателей бронхиальной проходимости и воздухонаполненности легких с помощью дискриминантного анализа были выделены два параметра, наилучшим способом разделяющие группу больных с достигнутым контролем болезни от группы с сохраняющимся неконтролируемым течением БА по истечении 6 месяцев базисной терапии: ОФВ₁ и ОВ₂.

Получено дискриминантное уравнение:

$$d = 13,83 \times \text{ОФВ}_1 + 0,1 \times \text{ОВ}_2$$

Граничное значение дискриминантной функции d составляет 48,37. При d равной или большей граничного значения прогнозируется контролируемое течение БА через 6 месяцев базисной терапии. Вероятность правильной классификации составляет 96,9%.

Выводы

1. Больные БА с недостигнутым после лечения контролем имеют более выраженные функциональные нарушения, определяемые при ретроспективном анализе (при первичном исследовании).

2. Эффективное прогнозирование достижения контролируемого течения БА может быть осуществлено с применением разработанной модели,

использующей показатели воздухонаполненности легких, полученные методами спирографии и трехмерной волюметрии.

3. Преимуществом разработанного дискриминантного уравнения является его большая объективность в сравнении с ранее разработанными моделями с применением показателей КТ, что обусловлено использованием относительного экспираторно-инспираторного показателя, охватывающего не несколько аксиальных срезов, а весь объем полученных данных трехмерного моделирования в две фазы дыхания (экспираторную и инспираторную).

ЛИТЕРАТУРА

1. Изменение воздухонаполненности легких у больных бронхиальной астмой в зависимости от степени контроля над заболеванием / Ильин А.В., Перельман Ю.М., Приходько А.Г., Леншин А.В. // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. Вып. 52. 2014. С.34-40.
2. Новый метод лучевой диагностики нарушений вентиляционной функции легких посредством мультиспиральной компьютерной томографии / Ильин А.В., Леншин А.В., Одирев А.Н., Перельман Ю.М. // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2013. Вып. 47. С.40-47.

E-mail: dr.ilyin.av@gmail.com

УДК 616.248+616.485

М.В. Антонюк¹, д-р мед. наук, **В.В. Кнышова¹**, канд. мед. наук,
У.В. Царева^{2,1}

¹*Владивостокский филиал ДНЦ ФПД - НИИМКВЛ, Владивосток*

²*ФГКУ «Санаторно-курортный комплекс «Дальневосточный» МО РФ
филиал «Санаторий «Океанский», Владивосток*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ САНАТОРНО-КУРОРТНОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ, АССОЦИИРОВАННОЙ С ОЖИРЕНИЕМ

Проведена сравнительная оценка эффективности стандартного санаторно-курортного лечения больных бронхиальной астмой с нормальной массой тела и с ожирением. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности разработки специальных программ санаторно-курортного лечения для больных бронхиальной астмой с алиментарно-конституциональным ожирением.

Ключевые слова: бронхиальная астма, санаторно-курортное лечение, алиментарно-конституциональное ожирение.

M.V. Antonyuk¹, V.V. Knyshova², U.V. Tsareva^{2,1}

Vladivostok Branch of¹ Far-Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration¹, Resort complex "Dalnevostochnyi" of RF Ministry of Defense, the Branch "the Resort Okeanskyi", Vladivostok²

THE EFFECTIVENESS OF HEALTH RESORT TREATMENT OF PATIENTS WITH BRONCHIAL ASTHMA ASSOCIATED WITH OBESITY

The comparative analysis of effectiveness of standard health resort treatment of patients with bronchial asthma with normal body weight and obesity was done. The obtained data show the reasons of development of special programs of health resort treatment for bronchial asthma patients with alimentary-constitutional adiposity.

Key words: bronchial asthma, health resort treatment, alimentary-constitutional adiposity/

Введение. В настоящее время большое значение в реабилитации больных бронхиальной астмой (БА) занимает санаторно-курортное лечение. Воздействуя на различные звенья патогенеза бронхиальной астмы, природные и преформированные физические факторы, используемые на этапе санаторно-курортного лечения, запускают механизмы саногенеза и позволяет достичь устойчивой ремиссии БА без угрозы прогрессирования заболевания и перехода его в более тяжелые формы [4, 5, 6]. Однако, при назначении лечебных мероприятий больным БА в соответствии с действующими рекомендациями, как правило, не учитывается наличие у них ожирения, которое может снижать эффективность применяемых процедур, препятствуя достижению полного контроля над астмой.

Целью работы явилась оценка эффективности санаторно-курортного лечения больных БА с нормальной массой тела и ожирением в условиях санатория «Океанский».

Материал и методы исследования. В исследовании участвовали 32 пациента с БА контролируемого и частично контролируемого течения, получавших восстановительное лечение в условиях санатория «Океанский» (Владивосток). Из них мужчин было 11, женщин – 21, средний возраст обследованных составил 45,5 года. Алиментарно-конституциональное ожирение имели 17 пациентов, из них 1 степени – 12 чел., 2 степени – 5 чел. Интермиттирующее течение БА диагностировано у 14 обследованных, персистирующее легкой степени тяжести – у 8, средней степени тяжести – у 10 пациентов [2]. Частичный контроль над астмой отмечался у 13 пациентов, в остальных случаях – контролируемое течение БА.

Сформировано две группы наблюдения, сопоставимые по половозрастным признакам. Первую группу составили 15 больных БА, имеющих нормальную массу тела (НМТ), вторую группу – 17 пациентов с БА и ожирением. Пациенты обеих групп получали лечебный комплекс, включающий сезонные лечебное гипоаллергенное питание, дыхательную гимнастику, климатические процедуры, в том числе талассотерапию (теплое время года – плавание в море, в холодное – в бассейне с морской водой). Всем пациентам назначали ультразвуковые ингаляции лекарственных препаратов 8-10 процедур, проводили спелеотерапию в течение часа в количестве 10 процедур. На момент включения в исследование все пациенты получали базисную медикаментозную терапию. Курс лечения составлял 21 день.

Эффективность лечения оценивали на основании динамики клинических симптомов, теста по контролю над астмой (АСQ-тест), данных исследования функции внешнего дыхания методами пикфлоуметрии (ПФМ) и спирографии, биохимического анализа крови с определением глюкозы, общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ), холестерина липопротеидов высокой плотности (ХС ЛПВП), расчетом холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС ЛПНП) по формуле Фридвальда и коэффициента атерогенности (КА). Статистическую обработку результатов исследования осуществляли с использованием прикладных программ STATISTIKA 6.1.

Результаты и обсуждение. При поступлении на санаторно-курортное лечение клиническая симптоматика пациентов БА с ожирением и НМТ была различна. Больные с ожирением (2-я группа) чаще предъявляли жалобы на кашель, дыхательный дискомфорт в виде экспираторной одышки. В этой группе в 2 раза чаще отмечались дневные и ночные приступы удушья, чем у пациентов с НМТ (1-я группа). У больных 2-й группы результаты АСQ-теста были ниже на 15% по сравнению с 1-й группой больных (табл. 1). Исследование функции внешнего дыхания показало, что у пациентов 2-й группы скорость выдоха по данным пикфлоуметрии была ниже на 15%, чем в 1-й группе. По данным спирографии во 2-й группе выявлено снижение уровня $ОФВ_1$ на 16% по сравнению с 1-й группой, вероятно за счет высокого стояния диафрагмы и ограничения подвижности грудной клетки [5].

По результатам биохимического анализа крови выявлены нарушения липидного обмена в обеих группах. В группе больных БА с ожирением уровень ОХС превышал на 16%, ТГ – на 32%, ХСЛПНП – на 50% верхнюю границу нормы. У больных БА, имеющих нормальный вес, отмечалось умеренное повышение ОХС при нормальном уровне ТГ и ХСЛПНП. При этом

во 2-й группе значение ТГ и ХСЛПНП были в 2 раза выше показателей 1-й группы. Кроме того, у больных БА с ожирением выявлена умеренная гипергликемия. Полученные данные указывают на неоднородность клинических параметров у пациентов с БА и ожирением, и БА с НМТ, что соответствует данным других авторов [1, 5, 7].

Таблица 1

Динамика клинико-лабораторных показателей у больных БА с нормальной массой тела и ожирением.

Показатель	1-я группа больные БА с НМТ, n=15		2-я группа больные БА с ожирением n=17	
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения
АСQ-тест (балл)	22,73±0,27	25,0±0,00**	19,29±0,50 ¹	22,47±0,32*
ПФМ (л/мин)	394,67±12,57	428,68±8,50*	334,82±14,14 ¹	357,06±13,53
ЖЕЛ (л)	3,25±0,14	3,46±0,13	3,13±0,24	3,32±0,24
ОФВ ₁ (л/с)	1,98±0,09	2,38±0,12**	1,66±0,15 ¹	2,00±0,11*
Вес (кг)	66,90±2,59	66,91±2,58	87,00±3,30	85,29±2,93
ИК	23,63±0,64	23,65±0,65	31,50±1,06	30,97±0,95
ОТ (см)	85,80±3,25	85,85±3,23	101,82±3,46	100,41±3,17
ОТ/ОБ	0,90±0,03	0,90±0,03	0,94±0,02	0,93±0,02
ОХС (ммоль/л)	5,77±0,24	5,55±0,19	6,17±0,18 ¹	5,82±0,12
ТГ (ммоль/л)	1,53±0,25	1,47±0,31	2,48±0,23 ¹	2,17±0,20
ХСЛПНП (ммоль/л)	3,10±0,09	2,27±0,04*	3,75±0,20 ¹	3,15±0,14*
ХСЛПВП (ммоль/л)	1,27±0,04	1,37±0,04*	1,07±0,04	1,12±0,03
КА	3,43±0,12	3,03±0,12*	4,25±0,26 ¹	4,20±0,19
Глюкоза (ммоль/л)	4,55±0,14	4,67±0,11	5,55±0,20 ¹	4,94±0,12*

Примечание: * - p<0,05, ** - p<0,01 – уровень статистически значимых отличий по сравнению с группой до лечения; ¹ - p<0,05 - статистически значимые отличия по сравнению с 1-й группой до лечения

После курса лечения у пациентов в обеих группах отмечался регресс клинических симптомов. У пациентов 1-й и 2-й группы полностью купировались ночные приступы удушья. Сухой, надсадный кашель и дневные приступы удушья продолжали беспокоить 25% пациентов 2-й группы, и купировались у всех пациентов 1-й группы. Экспираторная одышка стала беспокоить реже и исчезла у 41% пациентов – во второй и у 50% пациентов в первой группе. Результаты АСQ-теста, используемого для оценки контроля над астмой, указывали, что у пациентов 2-й группы сохранялся частичный контроль над астмой ($p < 0,05$), в то время как в 1-й группе этот показатель достиг целевого уровня ($p < 0,01$) (табл.). Прирост скорости выдоха при ПФМ во 2-й группе больных составил 22 л/мин, что ниже, чем в 1-й группе – 34 л/мин ($p < 0,05$). По данным спирографии во 2-й группе прирост ЖЕЛ на 0,19 л и $ОФВ_1$ на 0,34 л/с, ($p < 0,05$) отставал от прироста этих показателей в 1-й группе – 0,21 л и 0,4 л/с ($p < 0,01$) соответственно. Во 2-ой группе отмечалось уменьшение уровня атерогенных липидов (ХСЛПНП) на 16% ($p < 0,01$) и увеличение ХСЛПВП на 4,5%, в то время как в 1-й группе ХСЛПНП снизился на 26,8% ($p < 0,05$), а ХСЛПВП возрос на 7,9% ($p < 0,05$). Уровень глюкозы у пациентов 2-ой группы снизился на 11% ($p < 0,05$). Несмотря на то, что у больных БА с ожирением не применялись специфические методы воздействия на массу тела, у них отмечена тенденция к снижению массы тела и ИК, возможно, благодаря рациональному режиму питания и физической активности.

Выявленные по окончании санаторно-курортного лечения изменения клинико-функциональных параметров указывают на недостаточную коррекцию симптомов БА у больных с ожирением. Это соответствует данным других авторов, указывающих, что астма у больных ожирением характеризуется более тяжелым течением и сниженным ответом на традиционную терапию [7].

Таким образом, применение стандартного санаторно-курортного лечебного комплекса у больных БА, ассоциированной с ожирением, менее эффективно, чем у больных БА с нормальной массой тела. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности разработки санаторно-курортного комплекса, позволяющего оптимизировать эффективность восстановительного лечения у больных БА, ассоциированной с ожирением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астафьева Н.Г., Гамова И.В., Удовиченко Е.Н., Перфилова И.А. Ожирение и бронхиальная астма // Лечащий врач. 2014. №4. С. 8-12.
2. Глобальная стратегия лечения и профилактики бронхиальной астмы / под ред. А.С. Белевского. М.: Российское респираторное общество, 2012. 108 с.

3. Малявин А.Г. Респираторная медицинская реабилитация. М: Практическая медицина. 416 с.
4. Маньшина Н.В. Санаторно-курортное лечение больных бронхиальной астмой // Медицинский совет. 2008. № 5-6. С.66-70.
5. Минеев В.Н., Лалаева Т.М., Васильева Т.С., Трофимов В.И. Фенотип бронхиальной астмы с ожирением // Пульмонология. 2012. №2. С.102-107.
6. Орлова Н.В. Современные подходы к лечению бронхиальной астмы // Справочник поликлинического врача. 2014, № 7. С. 34-38.
7. Shore S.A. Obesity and asthma: implications for treatment // Curr. Opin. Pulm. Med. 2007, № 13. P. 56-62.

E-mail: dncfpd@dncfpd.ru

©2015 г. **Е.А.Бородин**, д-р мед. наук, **М.А.Штарберг**, канд. мед. наук
Амурская государственная медицинская академия, Благовещенск

КОНДЕНСАТ ВЫДЫХАЕМОГО ВОЗДУХА КАК ОБЪЕКТ ДЛЯ БИОХИМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Приведены результаты анализа липидного состава конденсата выдыхаемого воздуха. Содержание липидов в КВВ сопоставлено с таковым в плазме крови. Для оценки степени окисления липидов КВВ рекомендуется регистрация УФ-спектров липидных экстрактов из КВВ.

Ключевые слова: КВВ, холестерин, фосфолипиды, глицеролипиды, УФ-спектры липидов/

©2015 г. **E.A. Borodin, M.A. Shtarberg**
Amur State Medical Academy, Blagoveshchensk

EXHALTED BREATH CONDENSATE AS AN MATERIAL FOR BIOCHEMICAL ANALYSIS

The results of the analysis of lipid composition of Exhaled Breath Condensate (EBC) are presented. The content of lipids in EBC and blood plasma is compared. To estimate the extent of EBC lipids oxidation the registration of UV-spectra of lipid extracts of EBC is recommended.

Key words: EBC, cholesterol, phospholipids, glycerolipids, UV-spectra of lipids.

Исследование конденсата выдыхаемого воздуха (КВВ) относится к методам неинвазивной диагностики и находит широкое применение в пуль-

монологии [1, 2]. В многочисленных публикациях приводятся данные о содержании тех или иных веществ в КВВ, однако, к большому сожалению их этих публикаций нельзя составить представление о количественном химическом составе КВВ. Многие публикации не заслуживают внимания, т.к. в них приведены нереалистичные величины. Например, колориметрическим биуретовым методом определяется содержание белка, традиционными в лабораторной диагностике ферментативными методами измеряется содержание холестерина и т.д. Ясно, что чувствительность указанных методов не позволяет определять ничтожно низкие концентрации компонентов в КВВ. Поэтому выяснение количественного содержания основных компонентов в КВВ важная задача. Только зная истинное содержание компонентов, можно будет выяснять диагностическую значимость изменения их содержания при каких-либо заболеваниях.

За счет проведения экстракции липидов из 140 мл КВВ смесью хлороформ-метанол 1:2 нам удалось сконцентрировать в 70 раз по отношению к исходному КВВ липиды в полученном экстракте и определить в нем содержание холестерина, фосфолипидов и суммарных глицеролипидов. В пересчете на исходный КВВ содержание холестерина составило 2,45 мкг/мл, фосфолипидов 2,7 мкг/мл, суммарных глицеролипидов 17 мкг/мл (таблица). Согласно полученным результатам содержание фосфолипидов и холестерина в КВВ на порядок ниже, чем сообщалось другими авторами [2, 3].

Таблица

	Холестерин	Фосфолипиды	Триглицериды
Плазма (ммоль/л)	3,9-5,3	2,0-4,7	1-2,3
Молярная масса	386 (свободный ХС)	739 (дипальмитоил- фосфатидилхолин)	885 (триолеин)
мкг/мл	1505-2045	1480-3470	885-2040
КВВ (мкг/мл)	2,45	2,7	17
Плазма/КВВ*	600-830	550-1300	50-120

*- отношение содержания липида в плазме крови к содержанию в КВВ.

Интересно сопоставить содержание липидов в КВВ и плазме крови (таблица). Содержание ХС и ФЛ в КВВ на три порядка, а ТГ на 2 порядка ниже, чем в плазме крови. Наиболее точным и чувствительным количественным методом исследования КВВ является регистрация УФ-спектров поглощения липидных экстрактов из КВВ, позволяющая оценивать степень окисления липидов КВВ по содержанию диеновых конъюгатов в нмоль/мл и двум относительным показателям $ОП_{233нм}/ОП_{206нм}$ и $ОП_{278нм}/ОП_{206нм}$, где $ОП_{206нм}$ соответствует максимуму поглощения неокисленного липида,

ОП_{233нм} - поглощению диеновых конъюгатов, а ОП_{278нм} - поглощению конъюгированных триенов и кетодиенов. Для оценки общего содержания липидов в образцах КВВ можно использовать поглощение при 206 нм (ОП_{206нм}). Существенный вклад в УФ спектры поглощения КВВ вносят, главным образом, фосфолипиды и холестерин, как это следует из регистрации УФ-спектров поглощения очищенных препаратов фосфолипидов, холестерина, триолеина, пальмитиновой кислоты и некоторых других липидов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Davis M.D. Exhaled Breath Condensate - an overview // Immunol Allergy Clin North Am. 2007. Vol. 27(4). P. 587–v.
2. Светлакова Н.В. Вентиляционная функция легких, гемодинамика малого круга кровообращения и фосфор липидов конденсата выдыхаемого воздуха у больных декомпенсированным сахарным диабетом 1 типа в процессе интенсифицированной инсулинотерапии: автореф. дисс. канд. мед. наук. Самара, 2010. 20 с.
3. Сидоренко Г.И., Колядко М.Г., Золотухина С.Ф. Неинвазивные методы диагностики по конденсату выдыхаемого воздуха и их значение на примере определения холестерина // Кардиология. 2009. №.1. С.31-35.

E-mail: borodin54@mail.ru

И.Н. Гориков¹, канд. мед. наук, **В.П. Колосов¹**, д-р. мед. наук,
Л.Г. Нахамчен¹, канд. мед. наук, **Е.В. Егоршина²**, канд. мед. наук,
Т.Е. Тальченкова¹

¹*Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания,*

²*Амурская государственная медицинская академия, Благовещенск*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АНЕМИЧЕСКОГО СИНДРОМА ПРИ ОБОСТРЕНИИ ХРОНИЧЕСКОГО ОБСТРУКТИВНОГО БРОНХИТА У ЖЕНЩИН С ГРИППОМ А(Н3N2) В ПЕРВОМ ТРИМЕСТРЕ БЕРЕМЕННОСТИ

На основе дискриминантного анализа с учетом уровня противогриппозных антител в сыворотке крови, концентрации 2,3-ДФГ в эритроцитах и серомукоида разработан способ прогнозирования анемического синдрома во втором триместре гестации при обострении хронического обструктивного бронхита у женщин с гриппом А(Н3N2) в первом триместре беременности.

Ключевые слова: прогнозирование, беременность, анемический синдром,

обострение хронического бронхита, грипп А(Н3N2).

I.N. Gorikov¹, V.P. Kolosov¹, L.G. Nakhamchen¹, E.V. Egorshina², T.E. Talchenkova²

¹Far-Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration,

²Amur State Medical Academy, Blagoveshchensk

**PREDICTION OF THE ANAEMIC SYNDROME IN CHRONIC
OBSTRUCTIVE BRONCHITIS IN WOMEN WITH INFLUENZA A (N3N2) IN THE
FIRST TRIMESTER OF PREGNANCY**

On the basis of the discriminant analysis and taking into account the level of anti-influenza antibodies in the blood serum, the concentration of 2,3-BPG in erythrocytes and seromukoid, the method to predict the anemic syndrome in the second trimester of gestation at acute chronic obstructive bronchitis in women with influenza A(H3N2) in the first trimester of pregnancy was developed.

Key words: prediction, pregnancy, anemic syndrome, chronic bronchitis exacerbation, influenza A(H3N2).

Обострение хронического бронхита у женщин в период беременности приводит к негативным последствиям, как для матери [9, 10], так и для плода [6, 11]. Одно из таких последствий – часто диагностирующееся развитие анемии, играющей важную роль в патогенезе плацентарной недостаточности [5] и внутриутробного инфицирования у их потомства [12]. Установлено, что при росте концентрации в эритроцитах 2,3-дифосфоглицерата (2,3-ДФГ) изменяется сродство гемоглобина к кислороду [2, 7, 15] и диффузия кислорода в ткани [4], что повышает риск нарушения структурно-функционального состояния эритроцитов [15] и развития анемии у беременных.

Известен способ прогнозирования анемического синдрома по концентрации ферритина в сыворотке крови у беременных [1]. Однако он не позволяет прогнозировать анемический синдром во втором триместре беременности при обострении хронического обструктивного бронхита, обусловленного гриппом А(Н3N2) в первом триместре гестации, так как не учитывает сочетанное негативное влияние обострения хронической соматической патологии и острой вирусной инфекции на эритропоэз.

Целью предлагаемого изобретения является обеспечение возможности прогнозирования анемического синдрома во втором триместре гестации у женщин с обострением хронического обструктивного бронхита при гриппе А(Н3N2) в первом триместре беременности.

Цель достигается тем, что прогнозирование анемического синдрома во втором триместре гестации у женщин с обострением хронического обструктивного бронхита при гриппе А(Н3N2) в первом триместре беремен-

ности осуществляют посредством определения титра антител к вирусу в парных сыворотках крови, взяв за основу величину титра во второй сыворотке (А), концентрации 2,3 ДФГ в эритроцитах (мкмоль/мл) (В), содержания серомукоида (ед. оп. пл.) (С). Затем, с помощью дискриминантного уравнения [8, 14], включающего определяемые показатели, прогнозируют анемический синдром во втором триместре беременности.

Сущность способа заключается в определении в первом триместре гестации у женщин с обострением хронического обструктивного бронхита при гриппе А(Н3N2) дискриминантной функции (D), по отношению к её граничному значению прогнозируют анемический синдром во втором триместре беременности.

Способ содержит следующие приёмы:

1. Регистрируют уровень антител к вирусу гриппа А(Н3N2) в парных сыворотках крови, взяв за основу величину титра противовирусных антител во второй сыворотке (А);

2. Определяют концентрацию 2,3-ДФГ в эритроцитах периферической крови (мкмоль/л) (В) [3].

3. Оценивают уровень серомукоида в плазме периферической крови в ед. оп. пл. (С) [13].

4. С помощью дискриминантного уравнения определяют величину дискриминантной функции:

$$D = + 0,007 \times A + 1,435 \times B + 209,281 \times C,$$

где D –дискриминантная функция с граничным значением + 35,31.

6. Сравнивают величину дискриминантной функции с её граничным значением равным + 35,31.

7. Прогнозируют развитие анемического синдрома: при D меньше граничного значения дискриминантной функции прогнозируют отсутствие анемического синдрома во втором триместре гестации у женщин с обострением хронического бронхита при гриппе А(Н3N2) в первом триместре беременности, а при D равном или больше граничного значения прогнозируют анемический синдром во втором триместре беременности у женщин с обострением хронического бронхита при гриппе А(Н3N2) в первом триместре беременности.

Вероятность правильного прогноза составляет 84,7%.

Пример 1. Больная С., 27 лет, обследовалась в отделении акушерской патологии беременных ДНЦ ФПД. При поступлении у женщины 9 недель беременности. Она предъявляла жалобы: на подъём температуры до 37,9⁰,

головную боль, потливость, слабость, адинамию, насморк и кашель с умеренным количеством слизистой мокроты в течение 2 суток.

При перкуссии грудной клетки на 4 сутки определяли легочный звук. Аускультативно над всей поверхностью легких выслушивалось жесткое дыхание и влажные мелкопузырчатые хрипы.

При спирографической оценке вентиляционной функции легких диагностировалось: объём форсированного выдоха за первую секунду составлял 68,4% от должного, а индекс Тиффно – 71,2% от должного. Это свидетельствовало об умеренно выраженной бронхиальной обструкции.

Величина титра антител к вирусу гриппа А(Н3N2) во второй сыворотке равнялась 1: 64 (А). При проведении биохимического исследования крови уровень 2-3 –ДФГ в эритроцитах составил 4,8 мкмоль/л (В), а концентрация серомукоида в плазме крови – 0,11 ед. оп. пл. (С).

Клинический диагноз: Беременность 9 недель. Грипп А(Н3N2). Обострение хронического обструктивного бронхита.

После внесения вышеуказанных показателей в дискриминантное уравнение, установлено следующее значение дискриминантной функции:

$$D = +0,007 \times 64 + 1,435 \times 4,8 + 209,281 \times 0,11 = +30,356,$$

т.е. D – меньше граничного значения, равного + 35,31. Прогнозировалось отсутствие анемического синдрома во втором триместре беременности при обострении хронического обструктивного бронхита у женщин с гриппом А(Н3N2) в первом триместре гестации.

Пример 2. Больная К., 20 лет, поступила в отделение акушерской патологии беременных ДНЦ ФПД при сроке беременности 8 недель с жалобами: на повышение температуры до 37,8⁰, головную боль, потливость, слабость, адинамию, насморк и кашель с умеренным количеством слизистой мокроты в течение 3 суток.

Перкуторно на 4 сутки болезни над легочными полями определяли легочный звук. При аускультации над всей поверхностью легких выслушивалось жесткое дыхание и низкотональные рассеянные хрипы.

На спирограмме диагностировалось умеренно выраженное нарушение бронхиальной проходимости, о чем свидетельствовало снижение объёма форсированного выдоха за первую секунду (составлял 72,4% от должного) и индекса Тиффно (составлял 80,8% от должного).

Концентрация противовирусных антител составляла во второй сыворотке 1:128 (А). При биохимическом анализе крови уровень 2-3 –ДФГ в

эритроцитах составил 7,3 мкмоль/л (В), а концентрация серомукоида в плазме крови – 0,12 ед. опт. пл. (С).

Клинический диагноз: Беременность 8 недель. Грипп А(Н3N2). Обострение хронического обструктивного бронхита.

После внесения вышеуказанных показателей в дискриминантное уравнение, установлено следующее значение дискриминантной функции:

$$D = +0,007 \times 128 + 1,435 \times 7,3 + 209,281 \times 0,12 = +36,486,$$

т.е. D – больше граничного значения, равного + 35,31. Прогнозировалось развитие анемического синдрома во втором триместре гестации при обострении хронического обструктивного бронхита у женщин с гриппом А(Н3N2) в первом триместре беременности.

Способ апробировался при прогнозировании анемического синдрома во втором триместре гестации у 40 женщин 18-27-летнего возраста с обострением хронического обструктивного бронхита при гриппе А(Н3N2) в первом триместре беременности. Правильный прогноз подтвердился в 84,7% случаев.

На разработанный нами способ прогнозирования анемического синдрома при обострении хронического обструктивного бронхита у женщин с гриппом А(Н3N2) в первом триместре беременности Федеральным институтом промышленной собственности выдан патент на изобретение (№2561590). Использование вышеуказанного способа в учреждениях практического здравоохранения позволит своевременно устанавливать риск анемического синдрома во втором триместре гестации при обострении хронического бронхита гриппозной этиологии у женщин в первом триместре беременности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобров С.А. Анемический синдром у беременных женщин: вопросы патогенеза, диагноза и лечения: автореф. дис....канд мед. наук. СПб., 2011. 24с.
2. Веретенникова Е.Н. Морфофункциональная характеристика фетоплацентарной системы у беременных с бронхиальной астмой: автореф. дис.... канд. мед. наук. Иркутск, 2005. 25 с.
3. Виноградова И.Л., Багрянцева С.Ю., Дервиз Г.В. Метод одновременного определения 2,3 ДФГ и АТФ в эритроцитах // Лабораторное дело. 1980. №7. С. 424-426.
4. Воронин К.В., Приходько И.Е., Сердюк В.Н., Потапов В.А. Превентивная апицитотерапия позднего токсикоза беременных // Акуш. и гинек. 1989. №5. С. 52-55.
5. Гориков И.Н., Нахамчен Л.Г. Нарушение газотранспортной функции крови у беременных женщин с ЛОР-патологией при обострении хронического необструктивного и обструктивного бронхита// Дальневосточный журнал инфек. патологии. 2010. №16. С.69-73.

6. Гориков И.Н., Нахамчен Л.Г., Костромина Н.О., Судаков А.Г. Влияние обострения хронического необструктивного и обструктивного бронхита вирусной этиологии у женщин во II триместре беременности на состояние церебрального кровотока у их новорожденных // Бюл. физиол. и патол. дыхания. 2012. Вып. 46. С. 48-51.
7. Квиткина И.Г. Профилактика и ранняя диагностика плацентарной недостаточности у беременных с герпес-вирусной инфекцией: автореф. дис.... канд. мед. наук. Челябинск, 2009. 19с.
8. Колосов В.П., Перельман Ю.М., Ульянычев Н.В. Методологические подходы к разработке технологий прогнозирования в пульмонологии // Бюлл. физиол. и патол. дыхания. 2006. Вып. 22. С.20-23.
9. Нахамчен Л.Г., Гориков И.Н., Одириев А.Н. Состояние местного иммунитета и системного воспалительного ответа при хроническом бронхите вирусной этиологии у женщин в третьем триместре беременности // Бюл. физиол. и патол. дыхания. 2015. Вып.57. С.93-96.
10. Нахамчен Л.Г., Гориков И.Н., Тальченкова Т.Е. Изменение местной специфической защиты и цитокинового статуса у женщин в I триместре беременности при обострении хронического бронхита, обусловленного вирусами респираторной группы // Бюл. физиол. и патол. дыхания. 2012. Вып. 46. С. 44-47.
11. Нахамчен Л.Г., Гориков И.Н., Приходько В.Б., Квиткина И.Г. Состояние фетоплацентарной системы при обострении хронического необструктивного и обструктивного бронхита у женщин в III триместре беременности // Бюл. физиол. и патол. дыхания. 2015. Вып.55. С.27-34.
12. Нахамчен Л.Г., Колосов В.П., Гориков И.Н. Прогноз внутриутробного инфицирования плода при обострении хронического обструктивного бронхита у женщин с гриппом А(Н3N2) во II триместре гестации // Материалы VII междунар. науч. конф. «Системный анализ в медицине» (САМ 2013) / под общ. ред. В.П.Колосова. Благовещенск, 2013. С.98-103.
13. Самсонов В.П., Луценко М.Т., Новик Е.В. Диагностика различных степеней эндотоксикоза при абсцессах лёгких: метод. рекомендации МЗ РСФСР. Институт физиологии и патологии дыхания СО АМН СССР. Благовещенск, 1988. 10 с.
14. Способ прогнозирования прогрессирования обструкции дыхательных путей: пат. 2240725 RU/авторы и заявители В.П.Колосов, А.В.Колосов; патентообладатель Государственное учреждение Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания СО РАМН; заявл. 17.04.2003; опубл. 27.11.2004
15. Тихонова Е.Г., Мерекина Л.И., Солуянов А.Н., Омельченко Т.В. Содержание 2,3-ДФГ, АТФ, гемоглобина и его дериватов в эритроцитах крови женщин при физиологическом и осложненном поздним гестозом течении беременности // Вопросы охр. мат. и дет. 1985. Т.30, №7. С.13-15.

E-mail: dncfpd@dncfpd.ru

И.Н.Гориков, канд. мед. наук

*Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания,
Благовещенск*

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧАСТОГО РАЗВИТИЯ ОСТРЫХ
РЕСПИРАТОРНЫХ ВИРУСНЫХ ИНФЕКЦИЙ В ТЕЧЕНИЕ
ПЕРВОГО ГОДА У ДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ
С ВНУТРИУТРОБНЫМ ГРИППОМ А(Н3N2)**

Использование дискриминантного анализа серологических, биохимических и иммунологических показателей у доношенных новорожденных с внутриутробным гриппом А(Н3N2) (титра противогриппозных антител, концентрации среднемoleкулярных пептидов, количества лимфоцитов (CD3+) в крови из вены пуповины, полученной при рождении) позволяют прогнозировать частое развитие острых респираторных вирусных инфекций у детей первого года жизни.

Ключевые слова: прогнозирование, внутриутробный грипп А(Н3N2) у доношенных новорожденных, дети первого года жизни.

I.N. Gorikov

Far-Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration

PREDICITON OF FREQUENT DEVELOPMENT OF ACUTE RESPIRATORY VIRUS INFECTIONS DURING THE FIRST YEAR IN FULL-TERM NEWBORNS WITH INTRAUTERINE INFLUENZA A(H3N2)

Using the discriminant analysis of serologic, biochemical and immunologic values in full-term newborns with intrauterine influenza A(H3N2) (titer of anti-influenza antibodies, concentration of mean-molecular peptides, the number of lymphocytes (CD 3+) in the blood from the umbilical cord obtained at birth) allow to predict the frequent development of acute respiratory virus infections in the babies of the first year of their life.

Key words: prediction, intrauterine influenza A (H3N2) in full-term newborns, the children of the 1st year of their life.

Грипп А(Н3N2) у беременных часто приводит к плацентарной недостаточности [2] и к внутриутробному инфицированию их потомства. Установлена чётко выраженная зависимость между повышением восприимчивости детей к респираторным вирусным инфекциям и низким титром естественных противовирусных антител [7, 8]. Существует точка зрения, что частое развитие острой респираторной вирусной инфекции у доношенных детей в течение первого года жизни и переход острого воспаления в хроническую форму обусловлены нарушением противовирусной защиты в результате

снижения в их организме уровня трансплацентарно проникших антител [5] и ингибированием их иммунитета [1, 12]. При серологическом исследовании сывороток крови в парах “роженница - дитя” внутриутробное инфицирование у новорожденных диагностируется при четырехкратном росте титра антител к возбудителю в их пуповинной крови по сравнению с таковым у их матерей [4, 9].

Предлагаемый нами способ, разработанный с использованием технологий прогнозирования в пульмонологии [6, 11], обеспечивает возможность прогнозирования в первые дни жизни частого развития острых респираторных вирусных инфекций в течение первого года жизни у доношенных новорожденных с внутриутробным гриппом А(Н3N2).

Прогнозирование осуществляется посредством определения в сыворотке крови из вены пуповины у доношенных новорожденных величины титра противогриппозных антител при её четырёхкратном превышении по сравнению с таковой у матерей (А), уровня среднемолекулярных пептидов в плазме пуповинной крови в ед. опт. плот. (В), общее количество Т-лимфоцитов (CD3+) в баллах: 1 балл - CD3+ более 48%; 2 балла - CD3+ 47% - 41%; 3 балла - CD3+ 40% и менее) в венозной крови пуповины, а затем осуществляют прогноз частого развития острых респираторных вирусных инфекций с помощью дискриминантного уравнения:

$$D = + 0,008 \times A - 111,694 \times B - 1,537 \times C,$$

где D – дискриминантная функция с граничным значением равным - 34,16;

Сущность способа заключается в определении с помощью дискриминантного уравнения у доношенных новорожденных с внутриутробным гриппом А(Н3N2) дискриминантной функции (D), по отношению которой к граничному значению дискриминантной функции прогнозируют у них частое развитие острых респираторных вирусных инфекций в течение первого года жизни.

Способ содержит следующие приёмы:

1. С помощью реакции торможения гемагглютинации определяют величину титра противогриппозных антител в сыворотке венозной крови пуповины у доношенных новорожденных; прогнозирование осуществляется в случае его четырёхкратного превышения по сравнению с таковым в сыворотке венозной крови у их матерей (А) [3, 9].

2. Оценивают концентрацию среднемолекулярных пептидов в плазме крови из вены пуповины (ед. оп. пл.) у доношенных новорожденных [10] (В).

3. Определяют общее содержание Т-лимфоцитов % (CD3+)(в баллах) в венозной крови пуповины у доношенных новорожденных, например, с помощью метода проточной цитофлюориметрии на аппарате “BD FACS CANTO II” с помощью моноклональных антител “Becton Dickinson” (США)(С).

4. С помощью дискриминантного уравнения определяют величину дискриминантной функции:

$$D = + 0,08 \times A - 111,694 \times B - 1,537 \times C,$$

5. Сравнивают величину дискриминантной функции с её граничным значением равным - 34,16;

6. Прогнозируют развитие в течение первого года жизни у детей частых острых респираторных вирусных инфекций: при D равном или больше граничного значения прогнозируют отсутствие частых острых респираторных вирусных инфекций в течение первого года жизни у доношенных детей с внутриутробным гриппом А(Н3N2), а при D меньше граничного значения прогнозируют частое развитие острых респираторных вирусных инфекций в течение первого года жизни у доношенных детей с внутриутробным гриппом А(Н3N2).

Вероятность правильного прогноза 83,3%.

Для иллюстрации эффективности предлагаемого способа прогнозирования частого развития острых респираторных вирусных инфекций в течение первого года жизни у доношенных новорожденных с внутриутробным гриппом А(Н3N2) приводим клинические примеры.

Пример 1.

Новорожденный И. Родился от первой беременности. У матери в 19 недель отмечались признаки гриппа А(Н3N2) с клинической картиной острого ринофарингита. При исследовании парных сывороток крови с помощью реакции торможения гемагглютинации титр антител составил 1:16-1:64. Гриппозная инфекция протекала с температурой до 38⁰, головной болью, кашлем, насморком, ознобом, слабостью. В 32 недели диагностировалась плацентарная недостаточность, по поводу которой больная лечилась в стационаре. Группа крови А(II), резус - положительный. В женской консультации наблюдалась регулярно с 5 недели гестации. Роды первые в срок, через естественные родовые пути. Околоплодные воды светлые.

Клинический диагноз матери: роды первые в срок, быстрые. Хроническая плацентарная недостаточность. Амниотомия.

Родился мальчик с массой 3480 гр., длиной – 52 см, окружностью головы – 34 см и груди – 33 см. Группа крови А(II), резус – положительный. В

крови из вены пуповины у ребенка общий гемоглобин составлял 213 г/л, лейкоциты - $11,2 \times 10^9$ /л, эозинофилы – 2%, палочкоядерные нейтрофилы – 4%, сегментоядерные нейтрофилы – 70%, лимфоциты – 20% и моноциты – 4%. В сыворотках крови пар “мать- новорожденный” определялись титры антител к вирусу гриппа 1:64-1:256.

Состояние новорожденного при рождении было ближе к удовлетворительному. Его кожные покровы были розового цвета. При осмотре отмечались: цианоз носогубного треугольника, умеренное снижение двигательной активности, мышечного тонуса и сухожильных рефлексов. Физиологические рефлексy нечёткие. Тоны сердца были ясные, ритмичные до 144 ударов в 1 минуту. Частота дыхания - 46 в 1 минуту. При аускультации легких регистрировалось пуэрильное дыхание. Наружные половые органы были развиты правильно по мужскому типу. Мочился в родильном зале. При лабораторном обследовании ребенка в плазме пуповинной крови концентрация среднемолекулярных пептидов составила 0,273 ед. оп. пл., а количество Т- лимфоцитов (CD3+) 45% (2 балла).

Клинический диагноз новорожденного: Внутриутробное инфицирование - (грипп А(Н3N2) – титры противогриппозных антител в системе “мать- новорожденный” 1: 64- 1: 256).

Вышеуказанные показатели вносились в дискриминантное уравнение:

$$D = + 0,08 \times 256 - 111,694 \times 0,273 - 1,537 \times 2 = - 13,08,$$

Дискриминантная функция D оказалась больше граничного значения равного -34, 16. При динамическом наблюдении за ребенком на участке в детской поликлинике прогноз подтвердился – отмечалось отсутствие развития частых острых респираторных вирусных инфекций в течение первого года жизни. Клиническая картина острой респираторной вирусной инфекции (острый ринофарингит) диагностировалась однократно.

Пример 2.

Новорожденный П. Родился от первой беременности. В 15 недель мать перенесла грипп А(Н3N2) (титр антител 1:4- 1:16) с подъемом температуры до $37,6^0$, с головной болью, кашлем, насморком и слабостью. В 30 недель диагностировалась плацентарная недостаточность, лечилась в течение 20 дней в стационаре. Группа крови В(III), резус – положительный. В женской консультации наблюдалась регулярно с 7 недель беременности. Роды через естественные родовые пути. Околоплодные воды с зелёным оттенком.

Клинический диагноз матери: Роды первые в сроке. Раннее отхождение околоплодных вод. Внутриутробная гипоксия. Хроническая плацентарная недостаточность.

Родился мальчик с массой 3250 гр., длиной – 53см, окружностью головы – 34 см и груди - 33 см. Группа крови В(III), резус – положительный. В венозной крови из пуповины у ребенка при рождении общий гемоглобин составлял 212 г/л, количество лейкоцитов - $10,2 \times 10^9$ /л, эозинофилов – 2%, палочкоядерных нейтрофилов – 4%, сегментоядерных нейтрофилов – 72%, лимфоцитов – 20% и моноцитов – 2%. Концентрация антител к вирусу гриппа А(Н3N2) в сыворотках крови пар “мать-новорожденный” была 1:16-1:64.

Состояние новорожденного при рождении было ближе к удовлетворительному. Кожа лица, конечностей и туловища была чистая. Наблюдался цианоз носогубного треугольника и конечностей. Регистрировалось снижение мышечного тонуса и сухожильных рефлексов. Физиологические рефлексы были нечёткие. Тоны сердца - ясные, ритмичные до 143 ударов в 1 минуту. Частота дыхания 47 в 1 минуту. Дыхание в лёгких было пуэрильным. Наружные половые органы были развиты правильно по мужскому типу. Ребенок мочился в родильном зале. При лабораторном обследовании плазмы пуповинной крови концентрация среднемолекулярных пептидов составила 0,311 ед. оп. пл., а количество Т- лимфоцитов (CD3+) 39% (3 балла).

Клинический диагноз новорожденного: Внутриутробное инфицирование (грипп А(Н3N2), титры противогриппозных антител в системе “мать-новорожденный” 1: 16- 1: 64).

Вышеуказанные признаки вносились в дискриминантное уравнение:

$$D = + 0,08 \times 64 - 111,694 \times 0,311 - 1,537 \times 3 = - 34,23,$$

Дискриминантная функция D оказалась меньше граничного значения равного - 34, 16. Прогнозировалось частое развитие у доношенного ребенка острых респираторных вирусных инфекций (5 раз) в течение первого года жизни.

При апробации способа у 68 доношенных новорожденных с антенатальной гриппозной инфекцией правильный прогноз подтвердился в 83,1% случаев.

Разработанный нами способ доклинического прогнозирования частого развития острых респираторных вирусных инфекций в течение первого года у доношенных новорожденных с внутриутробным гриппом А(Н3N2) защищён патентом Российской Федерации № 2550964. Использование этого способа врачами на педиатрическом участке позволит своевременно проводить профилактические мероприятия, направленные на снижение заболеваемости ОРВИ в течение первого жизни у доношенных новорожденных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровская Т.Ф., Ганчева Е.А., Козлов В.К. и другие. Особенности количественных параметров иммунной системы новорожденных от женщин с синдромом фетоплацентарной недостаточности // Дальневосточный мед. журнал. 1997. №2. С.47-49.
2. Гориков И.Н. Изменение маточного кровотока и ультразвуковой структуры фетоплацентарного комплекса при гриппе А(Н3N2) у женщин во II триместре беременности // Бюлл. физиол. и патол. дыхания. 2012. Вып. 45. С.74-78.
3. Грипп: Руководство для врачей / под ред. акад. РАЕН, проф. Г.И.Карпухина. СПб.: Гиппократ, 2001. 360 с.
3. Заболотских Т.В., Григоренко А.А., Гориков И.Н. Влияние внутриутробной парагриппозной и микст-респираторной вирусной инфекций при церебральной ишемии среднетяжелой степени на нейросонографическую картину и кровоснабжение головного мозга у новорожденных // Бюлл. физиол. и патол. дыхания. 2014. Вып. 51. С.97-100.
4. Ким Е.Н., Лучанинова В.Н., Бурмистрова Т.И. Влияние внутриутробных инфекций на состояние здоровья детей раннего возраста // Дальневосточный мед. журнал. 2008.№2. С.74-76.
5. Колосов В.П., Перельман Ю.М., Ульянычев Н.В. Методологические подходы к разработке технологий прогнозирования в пульмонологии // Бюлл. физиол. и патол. дыхания. 2006. Вып. 22. С.20-23.
6. Нетреба Н.И. Особенности иммунологических реакций у детей раннего возраста и роль материнского иммунитета в защите от острой респираторной вирусной инфекции // Антенатальная охрана плода и профилактика перинатальной патологии: тез. докл., МЗ Украинской ССР, Киевский НИИ педиатрии, акушерства и гинекологии им. Героя Советского Союза, профессора П.М.Буйко. Киев, 1979. С.190-191.
7. Нисевич Л.Л. Противовирусный иммунитет при хронических бронхолегочных болезнях у детей: автореф. дис...д-ра. мед. наук. Москва, 1983. 47 с.
8. Способ прогнозирования частого развития острых респираторных вирусных инфекций в течение первого года жизни у недоношенных детей с внутриутробным гриппом А(Н3N2): пат. 2439567 Рос. Федерация / И.Н.Гориков, М.Т.Луценко, Л.Г.Нахамчен, А.Г.Судаков, И.П. Самсонова; патентообладатель ГУ ДНЦ ФПД СО РАМН; №2010142470/15; завл.18.10.2010; опубли. 10.01.2012, Бюл. №1.
9. Самсонов В.П., Луценко М.Т., Новик Е.В. Диагностика различных степеней эндотоксикоза при абсцессах лёгких: метод. рекомендации МЗ РСФСР, Институт физиологии и патологии дыхания СО АМН СССР. Благовещенск, 1988. 10 с.
10. Способ прогнозирования прогрессирования обструкции дыхательных путей: пат. 2240725 RU / В.П.Колосов, А.В.Колосов; патентообладатель ГУ ДНЦ ФПД СО РАМН; заявл. 17.04.2003; опубли. 27.11.2004.
11. Третьякевич З.Н. О восстановительной терапии детей, часто болеющих острыми респираторными инфекциями // Основные пути совершенствования специализированной пульмонологической помощи населению: сб. науч. трудов под ред. ст.н.с. В.И.Тыщечкого и ст.н.с. И.Г.Цюры. Ленинград, 1990. С.94-95.

E-mail: dncfpd@dncfpd.ru

© 2015 г. А.П. Зарецкий, А.В. Ильин, А.П. Кулешов, А.В. Потеряхина,
А.В. Потеряхин

ФГАОУ ВПО «Московский физико-технический институт»
(Государственный университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГНОСТИЧНОСТИ АЛГОРИТМОВ АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ ВРЕМЕННОЙ СТИМУЛЯЦИИ⁵

Излагается методика анализа вариабельности сердечного ритма при временной кардиостимуляции для прогнозирования жизнеугрожающих критических состояний и их предотвращения.

Ключевые слова: критерий клинической значимости, экспертная оценка, вариабельность сердечного ритма при временной стимуляции.

A.P. Zaretskiy, A.V. Ilyin, A.P. Kuleshov, A.V. Poteryakhina, A.V. Poteryakhin
Moscow Physical-Technical Institute (State University)

THE STUDY OF PROGNOSTIC FEATURE OF ALGORITHMS OF ANALYSES OF HEART RATE VARIABILITY AT TEMPORARY STIMULATION

The method of heart rate variability analysis at temporary cardio stimulation to predict life-threatening critical states and their prevention is described.

Key words: clinical significance criterion, expert evaluation, heart rate variability at temporary stimulation.

Развитие медицинской информатики и информационных технологий медицинского назначения обуславливает необходимость совершенствования методов прогнозирования наиболее распространённых заболеваний, к числу которых относятся заболевания сердечно-сосудистой системы, и, в частности, нарушение ритма сердца [5, 7].

Материалы и методы

Изучение вариабельности сердечного ритма (ВСР) позволяет количественно охарактеризовать активность различных отделов вегетативной нервной системы через их влияние на функцию синусового узла, поскольку известно, что вследствие постоянного изменения тонуса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (ВНС) при достаточно продолжительной (от 2 мин до 24 ч) записи электрокардиограммы

⁵ Работа по теме диссертационного исследования выполнена при поддержке субсидии Минобрнауки России МФТИ (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57814X0052).

(ЭКГ) регистрируются незначительные отклонения синусового ритма от его средней частоты [1, 2].

В настоящее время существует несколько методов оценки вариабельности сердечного ритма. Среди них выделяют три группы:

- методы временной области – опираются на статистические;
- методы и направлены на исследование общей вариабельности;
- методы частотной области – исследование периодических составляющих ВСР;
- интегральные показатели ВСР (относят автокорреляционный анализ и корреляционную ритмографию).

Применительно к исследованию изменений сердечного ритма вводится понятие кардиоритмограммы (КРГ), то есть диаграммы длительности ряда последовательных сердечных циклов, таких как, например, интервалов RR на ЭКГ. В отличие от анализа ЭКГ, где основным инструментом анализа является сопоставление точно измеренных длительностей и амплитуд характерных элементов кривой, методы анализа ритмограмм являются статистическими, т.е. основанными на оценке не конкретных, а обобщенных значений. Имеется в виду, что насколько диагностически бессмысленным является величина среднего значения амплитуды Q по всем 12-ти отведениям, настолько естественным и полезным будет среднее значение RR-интервалов при анализе КРГ.

Временной анализ проводится численными статистическими и графическими методами.

Статистическими методами определяются:

- стандартные отклонения всех NN интервалов – квадратный корень дисперсии;
- квадратный корень среднего значения квадратов разностей длительностей последовательных NN-интервалов;
- число NN-интервалов, отличающихся от соседних более чем на 50 мс.

Помимо кардиоритмограммы как таковой, существует еще более компактный способ изображения ритма. Этот способ особенно полезен для случаев, когда на фоне монотонного ритма встречаются редкие и внезапные нарушения, такой метод, позволяющий накапливать подобные нарушения и выявлять повторяемость в порядке возникновения нарушений, первоначально использовался для диагностики сино-атриальной блокады 2-й степени с длинными периодами Самойлова-Венкебаха. Техника построения скаттерграммы заключается в следующем: строится прямоугольная система координат

нат, причем и по вертикали, и по горизонтали от начала координат откладывается длительность кардиоинтервалов. При этом у начала координат располагается ноль, тогда формируется единый зрительный образ скаттерграмм. Однако можно существенно улучшить разрешение окна интереса, поместив в начало координат длительность самого короткого кардиоинтервала [3, 4].

Длительность первого интервала откладывается от начала координат по вертикали, длительность второго интервала откладывается по горизонтали – и на месте пересечения координат ставится точка. Затем, длительность второго интервала откладывается уже по вертикали, длительность следующего, третьего, интервала, откладывается по горизонтали – ставится вторая точка. Далее, длительность третьего интервала откладывается по вертикали, и процедура повторяется столько раз, сколько это необходимо. Положение каждой точки определяется соотношением длительности двух соседних сердечных циклов: текущего – по горизонтали и предыдущего – по вертикали. Если точка располагается слева от биссектрисы, то исследуемый сердечный цикл (кардиоинтервал) короче предыдущего, если точка располагается справа от биссектрисы – исследуемый кардиоинтервал длиннее предыдущего. Таким образом, положение точек определяется соотношением длительностей двух соседних циклов, то есть их корреляцией (взаимной связью).

Нормальная форма скаттерограммы представляет собой эллипс, вытянутый вдоль биссектрисы. Именно такое расположение эллипса означает, что к дыхательной прибавлена некоторая величина недыхательной аритмии. Форма скаттерграммы в виде круга означает отсутствие недыхательных компонентов аритмии. Узкий овал соответствует преобладанию недыхательных компонентов в общей вариабельности ритма, которая определяется длиной «облака».

Анализ полученных графиков показал, что наиболее важными для практики являются форма эллипса и длина «облака», тогда как изменение ширины QRS-комплекса, длительность PQ-интервала, форма T-интервала несущественны.

После сравнений алгоритмов анализа вариабельности сердечного ритма исследована их клиническая применимость. Для решения этой задачи сформирована группа кардиологов ФГБУ «Федерального научного центра трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Минздрава России. При рассмотрении клинической составляющей работы сформировано множество наиболее распространенных причин вариабельности сердечного ритма при наличии временной электростимуляции: симпати-

ческие и парасимпатические влияния, которые обеспечивают высокий уровень адаптации ритма сердца [2, 6].

Для ранжирования экспертам предлагалось самостоятельно выбрать вид упорядочения альтернатив: метризованное или неметризованное [1, 6, 7]. Результирующее ранжирование определяли с помощью метода поиска медианы Кемени [7, 8]. Получено, что предпочтительным анализируемым показателем, необходимым для выявления жизнеугрожающих критических состояний, является длина «облака». Показано, что мнения всех экспертов средне согласованы (коэффициент конкордации равен 0,64).

Заключение. В результате анализа данных скаттерогаммы изменений ритма с помощью группы экспертов доказана клиническая значимость длины «облака» для анализа вариабельности сердечного ритма при временной кардиостимуляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомоллов А.В., Кукушкин Ю.А. Технология ROC-анализа качества диагностических медико-биологических исследований // Системный анализ в медицине (САМ 2013): материалы VII междунар. науч. конф. Благовещенск, 2013. С. 7-10.
2. Бокерия Л.А., Алекян Б.Г., Бузиашвили Ю.И., Голухова Е.З., Стаферов А.В., Закарян Н.В., Абрамян Т.Р. Непосредственные и отдаленные результаты у больных ИБС после эндопротезирования коронарных артерий // Бюллетень НЦ ССХ им. А.Н.Бакулева РАМН. Материалы одиннадцатой ежегодной сессии НЦ ССХ им. А.Н.Бакулева РАМН со Всерос. конф. молодых ученых. 2007. Т.8, № 3. С. 103.
3. Зарецкий А.П. Численное моделирование коронарного кровотока // Молодежный научно-технический вестник. 2012. № 07. С. 5.
4. Клещев А.С., Москаленко Ф.М. Доказательство корректности алгоритма решения частной задачи медицинской диагностики // Интеллектуальные системы. 2013. №2(36). С. 134-146.
5. Козлов В.Е., Рудаков С.В., Богомоллов А.В. Особенности шкалирования информации при экспертном оценивании // Системный анализ в медицине (САМ 2013): материалы VII междунар. науч. конф.. Благовещенск, 2013. С. 14-17.
6. Конради А.О., Усачев Н.И., Шляхто Е.И. и др. Показатели вариабельности ритма сердца у больных гипертонической болезнью // Международный симпозиум «Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение»: тезисы докладов. Ижевск. 1996. С-41-42
7. Максимов И.Б., Столяр В.П., Богомоллов А.В. Прикладная теория информационного обеспечения медико-биологических исследований. М.: Бином, 2013.
8. Ушаков И.Б., Богомоллов А.В. Базовые технологии информатизации программ нелекарственной персонифицированной медицины // Системный анализ в медицине (САМ 2013): мат. VII междунар. науч. конф. Благовещенск, 2013. С. 123-126.

E-mail: a.p.zaretskiy@gmail.com

© 2015 И.Н. Васильева¹, канд. биол. наук, В.Г. Беспалов¹, д-р мед. наук,
В.Н. Зинкин², д-р мед. наук

¹НИИ онкологии им. Н.Н.Петрова, г. Санкт-Петербург;

²ЦНИИ Военно-Воздушных Сил Минобороны России, г. Щелково

ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОЙ ДНК ПЛАЗМЫ КРОВИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ И ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ

Секвенирована низкомолекулярная ДНК плазмы крови облученных крыс. Проведен анализ сиквенсов внеклеточной ДНК человека в норме и при патологиях, что позволяет создать фундаментальную базу минимально инвазивной диагностики возникновения патологий и контролирования адаптационных возможностей человека при экстремальных воздействиях.

Ключевые слова: диагностика, низкомолекулярная ДНК, секвенирование, нуклеосома, апоптоз, воздействие.

© 2015 I.N. Vasilyeva¹, V.G. Bepalov¹, V.N. Zinkin²

¹N.N. Petrov Research Institute of Oncology, St.-Petersburg; ²Central Research Institute of the Air Force Defense Ministry of Russian Federation, Moscow

PROSPECTS OF RESEARCH OF LOW-MOLECULAR-WEIGHT DNA OF BLOOD PLASMA FOR DIAGNOSIS OF FOR EXTREME AND PATHOLOGICAL CONDITIONS

Blood plasma low-molecular-weight DNA of irradiated rats was sequenced. Sequences of human extracellular DNA were analyzed both: in norm and in pathology. Extracellular DNA studies create the fundamental base of minimally invasive diagnostic of the probability of pathology and the control of adaptive human capabilities under extreme conditions.

Key words: minimally invasive diagnostics, low-molecular-weight DNA sequencing, nucleosome, apoptosis

В настоящее время считают доказанной возможность внеклеточной ДНК (внкДНК), выделяемой при апоптозе, интегрироваться в геном клетки, вызывая трансформацию, повреждения и апоптоз клеток-реципиентов [1, 2, 3]. В связи с этим полногеномное секвенирование внкДНК приобретает особое значение. Известные к настоящему времени данные секвенирования внкДНК человека: здоровых доноров, беременных женщин, больных раком простаты, системной красной волчанкой и культуры клеток HUVES свидетельствуют о преимущественной принадлежности внкДНК к ДНК генома человека, хотя могут быть обнаружены и вирусы, если пациент был заражен

ими [2]. Так, у одного из доноров, скрывшего перенесенное заболевание, был обнаружен вирус гепатита В.

ДНК, обнаруживаемая в циркуляции, имеет нуклеосомное строение. Фрагменты внкДНК человека кратны величине нуклеосомы – 160-180 п.н., обогащены нуклеотидами G+C (43-51 % против 41 % в ДНК генома человека), с повышенной частотой распределения динуклеотида CpG [2], что также характерно для строения нуклеосомы.

По данным секвенирования, внкДНК человека содержат фрагменты коротких повторов Alu и длинных – LINE. ВнкДНК человека характеризуется увеличением содержания Alu и снижением содержания LINE по отношению к эталонной ДНК генома человека [2, 3]. Эти данные подтверждены другими методами, в частности, гибридизацией и ПЦР. Повышенное содержание Alu во внкДНК человека свидетельствует о преимущественном нахождении в циркуляции транскрибируемой части генома. Однако в других случаях, например, во внкДНК среды культивирования HUVES, обнаруживают повышенное содержание прицентромерных участков хромосом, с сателлитными повторами гетерохроматина. Эти участки ДНК обычно не транскрибируются. Кроме того, в цитоплазме апоптотических клеток обнаружена связанная с мембраной ДНК, обогащенная повторами центромер. Эта ДНК находится в комплексе с РНК-полимеразой и является самостоятельной транскрипционной системой. Данные литературы [3] указывают на возможность сателлитной ДНК транскрибироваться и попадать в кровоток при патологических, стрессорных состояниях организма, вызывающих апоптоз. На основе нахождения и определения таких участков ДНК могут быть созданы принципиально новые тесты для ПЦР-диагностики таких состояний.

ВнкДНК характеризует принципиально различные состояниях организма не только количественно [4, 5], но и по набору выделяемых фрагментов. ВнкДНК больных раком простаты содержит значительно меньше участков LINE и длинных концевых повторов семейств ERV и ERVL, чем внкДНК здоровых доноров, и неклассифицированных фрагментов генома обнаружено несколько больше у больных раком простаты, чем у здоровых [2].

Воздействие вредных физических факторов (ионизирующее излучение, низкочастотный шум) на организм приводит к апоптозу и поэтому характеризуется повышением содержания низкомолекулярной внкДНК [6, 7, 8]. Впервые секвенирована низкомолекулярная внкДНК плазмы крови крыс Вистар, облученных в летальных дозах 8 Гр и 100 Гр, приводящих к костно-мозговой и церебральной формам лучевой болезни.

Для этого выделенную и очищенную низкомолекулярную ДНК клонировали в *E.coli*, штаммы *TG1* и *XL1*, в фазмиде *Bluescript M13+* [9]. Скрининг сиквенсов по базам данных EMBL и DDBJ показал в основном гомологию низкомолекулярной внкДНК крыс ДНК генома грызунов [10]. Не было найдено гомологий с ДНК бактерий, вирусов или фагов. 99-92% гомологии LINE-повторам и случайным фрагментам генома крыс найдено в 23% сиквенсов. 79-90% гомологии кодирующим элементам генома крысы, длинным повторам и кодирующим участкам генома мыши показало 50% сиквенсов. С низкой вероятностью 70% гомологии геному мыши, Alu-повторам и рибосомальным генам человека, идентифицировано 27% сиквенсов. Возможно, эти последовательности ДНК относятся к недостаточно изученной области тандемных повторов сателлитной ДНК, которые не аннотированы в геноме крысы по настоящее время [10]. Низкомолекулярная ДНК плазмы крови крыс имеет те же особенности, что и внкДНК человека, которые, по-видимому, характеризуют ДНК в циркуляции.

Низкомолекулярная внкДНК облученных крыс обогащена нуклеотидами G+C (49 % против 44 % в ДНК генома крысы), вне зависимости от дозы облучения. По программе RECON показана значительная вероятность позиционирования нуклеосом для низкомолекулярной ДНК облученных крыс. Согласно статистическому анализу расположения динуклеотидов, эта вероятность определяется чередованием GC-обогащенных участков низкомолекулярной ДНК приблизительно через каждые 10 п.н. с динуклеотидом ApT, определяющим искривление молекулы ДНК, в характерной для нуклеосом манере [11]. Сиквенсы низкомолекулярной внкДНК облученных крыс отличаются от внкДНК человека повышенным содержанием LINE-элементов. Повышенное содержание длинных повторов (LINE) во внкДНК крыс, в отличие от внкДНК человека, может быть связано с межвидовыми различиями или с воздействием облучения. Для выяснения этого вопроса необходимо детальное исследование генома крысы Вистар как животного, широко применяемого в экспериментальных исследованиях.

Отличие низкомолекулярной внкДНК крови крыс после облучения в дозах 8 Гр и 100 Гр обнаружено при анализе распределения динуклеотидов и идентификации по эталонному геному крысы. Распределение динуклеотидов в ДНК генома отличается от случайного. При случайном распределении содержание каждого из 16 динуклеотидов должно быть 6,2%. Между тем, ДНК эталонного генома крыс содержит 1,2% CpG и 7,0% CpT, низкомолекулярной внкДНК после облучения в дозе 8 Гр – 0,7% CpG и 9,6%

СрТ, после облучения 100 Гр – 1,7% СрG и 7,8% СрТ. Различия статистически значимы ($p < 0,05$). Количество значимо идентифицированных фрагментов было меньше после облучения в дозе 100 Гр (15,5% сиквенсов), чем в дозе 8 Гр (11,5%). Не исключено, эти последовательности ДНК относятся к недостаточно изученным тандемным повторам сателлитной ДНК, не аннотированным в настоящее время в геноме крысы [10]. Дозозависимые отличия можно связать с увеличением числа одно- и двунитевых разрывов в ДНК после облучения в дозе 100 Гр.

Результаты работы являются фундаментальной базой для разработки методов минимально инвазивной диагностики вероятности возникновения патологии и контролирования адаптационных возможностей при экстремальных воздействиях [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Circulating nucleic acids damage DNA of healthy cells by integrating into their genomes / Mitra I., Khare N.Kh., Raghuram G.V. et al. // *J.Biosci.* 2015. Vol.40 (1). P.91-111.
2. Васильева И.Н., Беспалов В.Г. Роль внеклеточной ДНК в возникновении и развитии злокачественных опухолей и возможности ее использования в диагностике и лечении онкологических заболеваний // *Вопросы онкологии.* 2013. Т.59, № 6. С.673-681.
3. Васильева И.Н., Подгорная О.И., Беспалов В.Г. Нуклеосомная фракция внеклеточной ДНК как показатель апоптоза // *Цитология.* 2015. Т.57, № 2. С.87–94.
4. Vasilyeva I.N., Voznyuk I.A., Ivchik T.V. Low-molecular-weight DNA of blood plasma as an indicator of pathological processes // *Circulating nucleic acids in plasma and serum* / ed. P.V.Gahan. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2011. P.165-170.
5. Васильева И.Н., Вознюк И.А. Ивчик Т.В. Роль низкомолекулярной фракции ДНК в диагностике патологического процесса при радиационном поражении и некоторых заболеваниях // *Молекулярная медицина.* 2011. № 5. С.132-135.
6. Зинкин В.Н., Васильева И.Н. Внеклеточная ДНК крови как индикатор неблагоприятного действия высокоинтенсивного низкочастотного шума на организм // «Системный анализ в медицине»: материалы Международной научной конференции. Благовещенск, 2011. С.132-134.
7. Зинкин В.Н., Васильева И.Н., Вознюк И.А. Определение внеклеточной низкомолекулярной ДНК в крови как диагностический метод для клинических и экспериментальных исследований // *Авиакосмическая и экологическая медицина.* 2011. Т.45, № 5. С. 47-51.
8. Зинкин В.Н., Васильева И.Н. Экологическая значимость определения внеклеточной ДНК крови при действии на организм низкочастотного шума и ионизирующего излучения // *Теоретическая и прикладная экология.* 2014. № 2. С.61-66.
9. Секвенирование низкомолекулярной ДНК плазмы крови облученных крыс / Васильева И.Н., Беспалов В.Г., Зинкин В.Н. и др. // *Авиакосмическая и экологическая медицина.* 2015. Т.49, №1. С. 43-49.

10. Large tandem repeats make up the chromosome bar code: a hypothesis / Podgornaya O., Gavrilova E., Stephanova V. et al. // Adv. Protein Chem. Struct. Biol. 2013. Vol. 90. P.1-30.
11. Васильева И.Н., Зинкин В.Н. Значение низкомолекулярной ДНК плазмы крови в диагностике патологических процессов различного генеза // Биомедицинская химия. 2013. Т.59, № 3. С.358-373.

E-mail: iravasilyeva@hotmail.com

© 2015 П.М. Шешегов, канд. мед. наук

ЦНИИ Военно-Воздушных Сил Минобороны России, г. Щелково

ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ШУМА И ИНФРАЗВУКА ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Противошумы широко используются для защиты органа слуха от шума. При высоких уровнях шума инфразвук необходима защита не только органа слуха, но и головы, грудной и брюшной полости. Для этого рекомендуется использовать экстраауральные средства: противошумный шлем и жилет. Предлагаются способы оценки их акустической эффективности.

Ключевые слова: шум, инфразвук, средства защиты, противошумные наушники, шлем, жилет, акустическая эффективность, тональная аудиометрия.

© 2015 P.M. Sheshegoff

Central research Institute of the Air Forces of the Russian Ministry of defense, Shchelkovo
FEATURES PROTECTION FROM NOISE AND INFRASOUND HIGH INTENSITY

Proteosome are widely used to protect the organ of hearing from noise. At high levels of infrasound noise protection is required not only the organ of hearing, but also the head, chest and abdomen. It is recommended to use extraorally funds: anti-noise helmet and vest. Provides methods for evaluating their acoustical efficiency.

Key words: noise, infrasound, protective equipment, ear muffs, hat, vest, acoustic efficiency, pure-tone audiometry

Негативное действие шума продолжает оставаться актуальной проблемой на производстве и транспорте. Первое место (24,63 %) по распространенности среди производственных физических факторов занимает шум. Воздействие вредных факторов является основной причиной повышенного уровня общей заболеваемости работающих и профессиональных заболеваний, в структуре которых доля нейросенсорной тугоухости в 2013 г. составила 59,2 % [1, 2].

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) от шума используются, когда технические средства борьбы с шумом не обеспечивают снижения его до безопасных уровней. Из противошумов чаще используются противошумные наушники (ПШН) и вкладыши, обеспечивающие перекрытие воздушного пути поступления звука в ухо. Для оценки акустической эффективности (заглушающей способности) противошумов используется упрощенный [ГОСТ Р 12.4.213–99] и субъективный методы [ГОСТ Р 12.4.211–99]. Кроме того, предлагается проводить их испытания в натуральных условиях с использованием медицинских критериев [3, 4].

Противошумы обеспечивают ослабление звука до 20–40 дБ в средне- и высокочастотном звуковом диапазонах. На частотах ниже 500 Гц они малоэффективны (звукопоглощение менее 15 дБ). Поэтому их целесообразно использовать на рабочих местах, где уровни звука не превышают 100 дБА с максимумом спектральной энергии в диапазоне частот 1–8 кГц [1, 3].

Противошумы оказываются не достаточно эффективными при действии высокоинтенсивных шумов при наличии в их спектре низких (< 250 Гц) и инфразвуковых частот (< 20 Гц) [5]. Это важно в связи с тем, что одной из особенностей современных производственных шумов является наличие в них акустических частот вышеуказанных диапазонов, то есть сочетание различных спектров [6]. При высоких уровнях звука необходима защита воздушного пути поступления звука в орган слуха и головы, чтобы уменьшить акустическую нагрузку на костный путь проведения звука. Для этого используется противошумный шлем (ПШШ). Пороги слышимости при передаче звука костно-тканевым путем на 30–40 дБ выше уровня звукового давления, воспринимаемого ухом воздушным путем. Критериальным уровнем для применения ПШШ с целью защиты костно-тканевого пути проведения звука можно считать свыше 110 дБА (80 дБ + 30–40 дБ) [7, 8].

Воздействие на человека акустических колебаний при высоких уровнях и наличие в спектре низких и инфразвуковых частот приводит к формированию экстраауральных эффектов в виде ощущения вибрации тела, внутренних органов грудной и брюшной полости. Это связано с прямым действием акустических колебаний на механорецепторы и проприорецепторы, резонансом внутренних органов и полостей, распространением упругих волн по тканям. Этот феномен получил название «воздушная вибрация». Защита тела человека от прямого воздействия акустических колебаний высокой интенсивности достигается путем использования противошумного жилета (ПШЖ) [1, 7].

При уровнях звука свыше 125 дБА и общим уровне звукового давления инфразвука свыше 100 дБ Лин необходимо защищать не только органа слуха и головы, но и грудную клетку, и брюшную полость. Для этого рекомендовано использовать комплекс специальных средства защиты, в который должны входить ПШШ и ПШЖ. Это новый класс технических СИЗ, предназначенный для защиты человека от аурального и экстрааурального действия высокоинтенсивного шума и инфразвука. Это требует создание методологии проведения исследований [9, 10].

Стандартизированной методики исследования акустической эффективности ПШШ и ПШЖ нет. Предлагается проводить измерение уровня звука с помощью микрофона, размещенного в пододежном пространстве, с использованием манекена головы и туловища. С нашей точки зрения, использование микрофона в подобных условиях носит спорный характер. Для оценки акустической эффективности различного рода материалов и их комбинаций нами был предложен способ, в основу которого была положена методика исследования костной проводимости, применяемая при проведении тональной аудиометрии. Биологически это обусловлено тем, что биологические ткани и материалы имеют общие механические и акустические свойства, в том числе и звукопроводностью, одним из критериев оценки которой является слуховой анализатор человека [9].

Исследования на материалах, имеющих разные механические характеристики, с помощью показали изменение звукопроводности в широком диапазоне от -5 до 14 дБ. Наиболее высокие величины снижения акустического сигнала получены при исследовании поролон, а применение стальной пластины практически давало обратный эффект – усиление до 5 дБ. Коэффициенты корреляции между механическими параметрами материалов и величиной поглощения в области низких частот были малыми ($r=0,28$ $p \leq 0,05$), в области средних и высоких частот средними ($r=0,59-0,71$ $p \leq 0,05$). Величина поглощения звука имела обратную связь, как со скоростью звука материалов, так и удельной плотностью.

Из этого следует, что у материалов с уменьшением скорости звука и плотности увеличивается величина звукопоглощения. При выборе материалов для СИЗ можно ориентироваться на такие механические параметры как скорость звука или удельная плотность материала. Звукопоглощение материалов повышается с увеличением частоты звука, достигая максимальных значений в области высоких частот.

Заключение. Существующие способы оценивают эффективность противозумов только до 63 Гц, поэтому для экстраауральных СИЗ необходимо

разрабатывать технологии исследования поглощения звука в области низких частот и инфразвука [11]. При этом акустическая эффективность таких СИЗ должна быть комплексной с учетом инфразвукового-звукового диапазонов частот [12].

Методика исследования костной проводимости, которая используется при тональной аудиометрии, позволяет оценивать акустическую эффективность материалов для создания экстраауральных СИЗ от высокоинтенсивного шума и ИЗ. На основе этого метода разработан субъективный метод измерения поглощения звука для оценки акустической эффективности ПШШ и ПШЖ.

Важная роль в обеспечении защиты от высокоинтенсивного шума и инфразвука принадлежит организационно-техническим мероприятиям по оптимизации условий профессиональной деятельности и правильной организации комплекса лечебно-профилактических мероприятий [13, 14, 15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Фундаментальные и прикладные аспекты профилактики неблагоприятного действия авиационного шума / И.Б.Жданько, В.Н. Зинкин, С.К.Солдатов и др. // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2014. № 4. С.5-16.
2. Особенности патологического действия авиационного шума на орган слуха инженерно-технического состава авиации / В.Н.Зинкин, В.Г.Миронов, С.К.Солдатов и др. // Российская оториноларингология. 2007. № 6. С. 69-74.
3. Обоснование использования специалистами средств защиты при воздействии авиационного шума / В.Н.Зинкин, С.К.Солдатов, А.В.Богомолов и др. // Информатика и системы управления. 2009. № 4. С. 139-141.
4. Методология исследования акустической эффективности противошумных наушников в расширенном частотном диапазоне / В.Н.Зинкин, И.М.Ахметзянов, С.К.Солдатов и др. // IV Междунар. конф. «Системный анализ в медицине». Электрон. журнал «Ученые заметки ТОГУ». 2010. №1. С.53-56. <http://ejournal.khstu.ru>.
5. Анализ эффективности средств защиты от шума во взаимосвязи с профессиональной надежностью специалистов «шумовых» профессий / В.Н.Зинкин, Ю.А.Кукушкин, А.В.Богомолов и др. // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2011. №3. С. 70-76.
6. Особенности условий труда и заболеваемости инженерно-технического состава авиации / В.И.Свидовый, В.Н.Зинкин, С.К.Солдатов и др. // Профилактическая и клиническая медицина. 2006. № 2. С. 46-48.
7. Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М., Орихан М.М. Инфразвук как вредный производственный фактор // Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 9. С. 2-9.
8. Зинкин В.Н., Шешегов П.М. Технология исследования звукопоглощающей способности материалов на основе тональной аудиометрии // Медицинская техника. 2014. № 4. С. 43-47.

9. Методология экспериментальных исследований акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума в области низких частот / Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Ахметзянов И.М. и др. // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2011. № 9. С. 62-69.
10. Методология экспериментальных исследований акустической эффективности противошумных наушников в области низких частот / В.Н.Зинкин, С.К.Солдатов, И.М.Ахметзянов и др. // Информатика и системы управления. 2011. № 1. С. 72-80.
11. Технология исследования акустической эффективности средств защиты от низкочастотного шума и инфразвука / В.Н.Зинкин, А.В.Богомолов, Г.И.Еремин и др. // Мир измерений. 2011. № 10. С. 40-45.
12. Акустическая эффективность средств защиты от шума / С.П.Драган, В.Н.Зинкин, А.В.Богомолов и др. // Медицинская техника. 2013. № 3. С. 34-36.
13. Исследование эффективности средств индивидуальной и коллективной защиты от шума на основе оценки потенциальной ненадежности профессиональной деятельности авиационных специалистов / В.Н.Зинкин, Ю.А.Кукушкин, А.В.Богомолов и др. // Безопасность жизнедеятельности. 2010. № 11. С. 2-6.
14. Нейросенсорная тугоухость шумовой этиологии у военнослужащих: диагностика, лечение и профилактика инфразвука / Шешегов П.М., Зинкин В.Н., Дворянчиков В.В. и др. // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2015. № 2 (50). С. 60-66.
15. Зинкин В.Н., Шешегов П.М., Чистов С.Д. Влияние особенностей производственного шума и инфразвука на заболеваемость и систему профилактики // Безопасность жизнедеятельности, 2015. С. 3-12.

E-mail: sheshegoff.pavel@yandex.ru

УДК 613.644:612.014.45

© **В.Н. Зинкин**, д-р мед. наук

ЦНИИ Военно-Воздушных Сил Минобороны России, г. Щелково

КРИТЕРИИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ НИЗКОЧАСТОТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Клиническое обследование лиц при действии НЧАК показало наличие у них обструктивных и деструктивных нарушений в органах дыхания. Действие НЧАК вызывало у животных морфофункциональные нарушения в легких и периферической крови. Предложены специфические и неспецифические критерии оценки патологического действия НЧАК на органы дыхания.

Ключевые слова: инфразвук, низкочастотный шум, органы дыхания.

© V.N. Zinkin

Central research Institute of the Air Forces of the Russian Ministry of defense, Shchelkovo

**CRITERIA OF DAMAGE TO THE RESPIRATORY SYSTEM DURING ACTION
LOW-FREQUENCY ACOUSTIC OSCILLATIONS**

Clinical examination of persons under the action of NAC showed the presence of constructive and destructive disorders in the respiratory system. The action of NAC you me at animals morphological and functional abnormalities in the lungs, the lavage, the PE-parametric blood. Proposed specific and non-specific evaluation criteria of pathological action of NAC on the respiratory system.

Key words: infrasound, low frequency noise, respiratory system.

Одной из современных особенностей промышленных шумов является увеличение в спектре низкочастотных и инфразвуковых составляющих. Источниками производственного шума с инфразвуковой составляющей являются все виды транспорта (воздушный, железнодорожный, морской, речной и автомобильный) и многие виды промышленности (авиационная, строительная, металлургическая, горнодобывающая, газо- и нефтедобывающая и др.) [1–3].

На рубеже XX–XXI вв. в ряде стран (Франция, Швеция, США, СССР, Португалия и др.) были проведены масштабные исследования влияния низкочастотных акустических колебаний (НЧАК) на организм человека и животных. Под термином «НЧАК» понимается широкополосный шум, в спектре которого имеются акустические колебания низкочастотного звукового диапазона (октавные полосы со среднегеометрической частотой 31,5; 63; 125 и 250 Гц) и инфразвукового диапазона (октавные полосы со среднегеометрической частотой 2, 4, 8 и 16 Гц).

В ряде работ были опубликованы научные сведения о неблагоприятном действии НЧАК на органы дыхания [4, 5].

Цель статьи: разработать систему медико-биологических критериев оценки неблагоприятного действия НЧАК на органы дыхания.

Материалы и методы. В группу обследуемых вошли авиационные специалисты, моряки и артиллеристы, подвергающиеся при выполнении повседневных профессиональных обязанностей действию шума, в спектре которого присутствуют высокоинтенсивные НЧАК. Проведена гигиеническая оценка рабочих мест персонала, проанализирована заболеваемость. При клиническом обследовании использованы инструментальные методы: исследование функции внешнего дыхания, компьютерная томография легких. Экспериментальные исследования выполнены на лабораторных животных

(мыши, крысы, кролики, собаки), подвергавшихся воздействию НЧАК на стендовой установке. Морфофункциональное состояние легких животных оценивали по данным патологоанатомических исследований и электронной микроскопии, лаважа, сурфактанта и компьютерная томография. Определяли биологически активные вещества и функциональное состояние тучных клеток в легочной ткани, содержание внеклеточной низкомолекулярной ДНК (нмДНК) в крови. Полученные клиничко-экспериментальные данные сравнивали с контролем.

Результаты исследования и обсуждение. Исследования показали, что на рабочих мест обследуемых лиц основной группы характерно наличие комплекса неблагоприятных факторов, в том числе шум и инфразвук. В инфразвуковом диапазоне общий уровень звукового давления колебался от 101 до 112 дБ Лин (при норме 100 дБЛин), а в звуковом диапазоне уровень шума – от 116 до 132 дБА (норма – 80 дБА). При анализе показателей morbidity выявлено увеличение как общей заболеваемости (число дней трудопотерь в основной группе $655,3 \pm 44,9$ %, в контроле – $431,8 \pm 7,2$ %), так и заболеваемости по ряду классов болезней, в том числе органа слуха (соответственно $53,6 \pm 1,7$ % и $9,9 \pm 0,3$ %) и органов дыхания ($269,7 \pm 30,0$ % и $125,2 \pm 12,9$ %). Повышение частоты заболеваний органа слуха и органов дыхания обусловлено сочетанным влиянием высокоинтенсивного шума и НЧАК [6–8].

Компьютерная томография грудной клетки (КТ) персонала, подвергающегося действию высокоинтенсивных НЧАК, позволила выявить снижение рентгеновской плотности легких от -796 Н до -850 Н (в контроле -742 Н, $p < 0,05$), характерный признак развития эмфиземы легких. Наиболее выраженные нарушения находились в средних и нижних отделах легких. У 30 % обследованных имели место буллы небольших размеров, а 40 % – сосудистые нарушения по типу полнокровия крупных артерий, фрагментации, обрубленности и искривления крупных сосудов, зон с отсутствием сосудистых рисунков. Выявлена высокая отрицательная корреляционная связь рентгеновской плотности со стажем работы ($r = -0,80$; $p < 0,05$).

Исследование функции внешнего дыхания позволило выявить неоднородные нарушения проходимости преимущественно мелких дыхательных путей, тенденцию к повышению воздухонаполненности и растяжимости легких, снижение эластической отдачи легких, сочетающееся с ухудшением условий газообмена за счет неравномерности регионарного распределения альвеолярной вентиляции и капиллярного кровотока в респираторной зоне

легких. Наиболее вероятный патофизиологический механизм данных нарушений связан с отеочно-воспалительными изменениями в респираторной зоне легких и деструкцией опорных тканевых структур легких.

Экспериментальные исследования позволили установить следующее. При однократном воздействии НЧАК в легких появлялись точечные субплевральные кровоизлияния, участки дистелектатических изменений, полнокровие сосудов микроциркуляторного русла. Многократное действие проявлялось увеличением частоты встречаемости, количества и площади очаговой эмфиземы и точечных субплевральных кровоизлияний. Микроскопически структурные нарушения легких характеризовались наличием дистелектатических изменений, истончением межальвеолярных перегородок в зонах повышенной воздушности, сами альвеолы были округлены, входы в них расширены. Выявленные нарушения могут служить структурной основой для развития хронических неспецифических заболеваний легких по типу обструктивного бронхита и/или очаговой эмфиземы легких.

При исследовании лаважа бронхов выявленные нарушения имеют определенное сходство с изменениями при хронических неспецифических воспалительных процессах в легких. Действие НЧАК приводило к увеличению содержания в легочной ткани животных гистамина на 132-158 % и серотонина на 51-56 %, а также повышению их соотношения до величины 6,7-8,1 (в норме 4,4). При морфологическом исследовании популяции тучных клеток в легких крыс установлено усиление их дегрануляции за счет увеличения сильных и умеренных форм до 19 % и 32 % соответственно (в контроле 10 и 22 %). В цитограмме отмечено повышение числа мелких незрелых тучных клеток с признаками их дегрануляции, что указывало на истощение их функциональной активности. Исследование сурфактанта легких показало нарушение выработки в секреторных клетках липопротеидных веществ, участвующих в выработке защитной пленки сурфактанта на поверхности эпителия альвеол. Выявлено увеличение уровня нмДНК в плазме крови, особенно в группе животных, которые подверглись многократному действию шума при УЗД 120 дБ. Структурные и клеточные нарушения в легких и клетках крови можно рассматривать в качестве основной причины повышению уровня нмДНК. При КТ выявлено усиление легочного рисунка за счет сосудистого компонента, локального повышения пневматизации из-за буллезных образований и плотности по типу инфильтрации легочной ткани, что свидетельствовало о венозном застое с признаками отека интерстиция и деструкции респираторного отдела по типу очаговой эмфиземы [9, 10].

Заключение. На основании клинико-экспериментальных исследований показано, что действие НЧАК на организм приводит к повреждению легких. К специфическим диагностическим критериям можно отнести КТ, исследование внешнего дыхания, патологоанатомические исследования, а к неспецифическим – исследование лаважа бронхов, тучных клеток легких, биогенных аминов и нмДНК крови.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпова Н.И., Малышев Э.Н. Низкочастотные акустические колебания на производстве. М.: Медицина, 1981. 192 с.
2. Фундаментальные и прикладные аспекты профилактики неблагоприятного действия авиационного шума / И.М.Жданько, В.Н.Зинкин, С.К.Солдатов и др. // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2014. Т. 48, № 4. С. 5-16.
3. Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М., Орихан М.М. Инфразвук как вредный производственный фактор // Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 9. С.2-9.
4. Свидовый В.И., Глинчиков В.В. Действие инфразвука на структуру легкого // Гигиена труда и профессиональные заболевания. 1987. № 1. С. 34-37.
5. Branco N., Alves-Pereira M. Vibroacoustic disease – current concepts // Mat. 11th int. cong. on sound and vibration. St. Peterburg, 2004. P. 1775-1782.
6. Особенности условий труда и заболеваемости инженерно-технического состава авиации / В.И.Свидовый, В.Н.Зинкин, С.К. Солдатов и др. // Профилактическая и клиническая медицина. 2006. № 2. С. 46-48.
7. Кумулятивные медико-экологические эффекты сочетанного действия шума и инфразвука / В.Н.Зинкин, Б.А.В.огомоллов, С.П.Драган и др. // Экология и промышленность России. 2012. № 3. С. 46-49.
8. Особенности сочетанного действия шума и инфразвука на организм / В.Н.Зинкин, И.М.Ахметзянов, С.П.Драган и др. // Безопасность жизнедеятельности. 2011. № 9. С.2-10.
9. Зинкин В.Н., Свидовый В.И., Ахметзянов И.М. Неблагоприятное влияние низкочастотных акустических колебаний на органы дыхания // Профилактическая и клиническая медицина. 2011. № 3. С. 280-284.
10. Зинкин В.Н., Васильева И.Н. Внеклеточная ДНК крови как индикатор неблагоприятного действия высокоинтенсивного низкочастотного шума на организм // Системный анализ в медицине: материалы межд. науч. конф. Благовещенск, 2011. С.132-134.

E-mail: zinkin-vn@yandex.ru

Е.Н. Винарская, д-р мед. наук, **Г.И. Фирсов**

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Москва

СЕНСОРНЫЙ СИНТЕЗ В ОРГАНИЗАЦИИ КИНЕСТЕТИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПОЗНОЙ СТАТИКИ ЧЕЛОВЕКА

Рассматриваются структурные особенности организации кинестетической чувствительности позной статики человека. С позиций структурного синтеза анализируются положения теории Н.А. Бернштейна об иерархическом механизме управления движениями. Выделены основные уровни рецепции и переработки сенсорной информации.

Ключевые слова: поза, кинестетическая чувствительность, позные автоматизмы, зоны устойчивости.

Vinarskaya E.N., Firsov G.I.

Blagonravov Mechanical Research Institute

TOUCH SYNTHESIS IN ORGANIZATION OF KINESTHETIC SENSITIVITY OF THE POSTURAL STATICS MAN

Examines the structural peculiarities of the kinesthetic sensitivity of the postural statics person. From the standpoint of structural synthesis of analyses the provisions of the theory of N.A. Bernstein's hierarchical mechanism control movements. The main levels of the reception and processing of sensory information.

Key words: posture, kinesthetic sensitivity, automation of posture, the zone of stability.

Понятие "кинестетическая (в переводе с греческого - двигательная) чувствительность" не относится к числу строгих терминов и употребляется в научном языке как в более узком, так и в более широком интегративном смысле слова [1]. Это положение создано не случайно, на что обращал внимание уже Р. Магнус. Позволим себе привести выписку из его труда: "Поддержание положения тела и равновесия обуславливается и сохраняется афферентными возбуждениями, которые исходят от различных органов. Спрашивается, не можем ли мы изучать эти афферентные возбуждения так, как мы привыкли это делать, например, при зрительных и слуховых возбуждениях, т.е. посредством субъективного анализа исходящих от них ощущений. «...этот способ... при изучении равновесия тела... совершенно не пригоден... у нас нет участка коры для статических восприятий... мы должны выводить наше суждение о положении тела и равновесии из ряда различных вторичных афферентных возбуждений, которые доставляются нам от лабиринтов, мышц и суставов, органов осязания и давления, от глаз. Эти

возбуждения, как определенные компоненты, часто остаются подпороговыми, не доходя до сознания» ([2], стр.10).

Интегративный характер кинестетической чувствительности был подтвержден экспериментально Гурфинкелем В.С., Липшицем М.И., Поповым К.Е; авторы пишут: «...результатирующее кинестетическое восприятие формируется путем интеграции афферентации различной модальности в единый сенсорный комплекс» [3].

В своем фундаментальном труде о построении движений человека Н.А. Бернштейн [4] подчеркнул, что сенсорные синтезы на различных иерархических уровнях двигательной системы всегда полимодальностны, и чем выше уровень управления, тем сенсорный синтез оказывается все более "отодвинутым от первичных рецепций", все более обобщенным и опосредованным следами прошлого опыта. Следовательно, кинестетических (двигательных) чувствительностей, в широком интегративном смысле слова может быть несколько, - каждый со своей структурой сенсорных компонентов, зависящей от решаемых на данном уровне двигательных задач.

Говоря, в частности, об управлении движениями на самом элементарном из выделенных им иерархических уровней - рубро-спинальном уровне А, к которому имеют отношение такие нервные образования как спинной мозг, мозжечок, ствол мозга с его нижним, средним и верхним отделами и, следовательно, с интересующими нас безусловно-рефлекторным и условно-рефлекторным центрами равновесия, Н.А. Бернштейн упоминает проприорецепцию, обеспечивающую восприятие величины и направления мышечных напряжений и усилий, рецепцию отолитовых аппаратов уха и древнейшие компоненты кожной рецепции. Весь комплекс этих ощущений, объединенный «в довольно несложный синтез, сигнализирует животному о положении и направлении его тела в поле тяготения и, что может быть является наиболее существенным для координации, о величинах растяжения (по длине) и напряжения (по силе) скелетных мышц». ([4], стр.50).

Другой вид кинестетической (двигательной) чувствительности представляет собой «сенсорный синтез», управляющий деятельностью иерархически следующим, по Н.А. Бернштейну, таламо-паллидарным уровнем В. Ведущая роль на этом уровне по-прежнему принадлежит мышечно-суставной чувствительности, но уже иной, чем это было ранее. «... здесь преобладает новая суставно-угловая, геометрическая проприорецепторика скоростей и положений» ([4], стр.65), к которой присоединяются разнообразные формы кожной чувствительности, тогда как вестибулярные рецеп-

ции отсутствуют. Интеграция соответствующих ощущений представляет организму его собственное тело под углом зрения осуществляемых телом движений, хотя и безотносительно к чему-либо находящемуся вовне его, т.е. движений типа обширных синергий, склонных к ритмическим качательным повторениям с очень разнообразными и сложными, но точно воспроизводимыми от раза к разу, узорами, двигательными формулами. В оба из упомянутых "сенсорных синтезов" входят принципиально те же компоненты, которые имеют в виду эволюционные неврологи, когда они говорят о становлении позной активности человека [5]. О кинестетической чувствительности высокого коркового иерархического уровня свидетельствуют известные нейрофизиологические работы. Так, в разных участках соматосенсорной области коры обнаружены как зоны с избирательным представителем сенсорных модальностей, так и зоны с перекрывающимися проекциями от рецепторов разных модальностей [6]. Поле 3а, получающее значительную часть проекций от мышечных афферентов, содержит нейроны, отвечающие на раздражение как мышечных, так и кожных нервов [7]. На нейронах поля 4 конвергируют мышечные и суставные рецепторы [6].

Более поздние исследования школы В.С. Гурфинкеля показали, что переработка сенсорной информации, связанная с поддержанием равновесия в вертикальной позе и проявляющаяся в избирательном повышении кинестетической чувствительности, тем не менее, не сопровождается соответствующим повышением чувствительности спинальных рефлекторных дуг (активность мышечных веретен!) и, следовательно, кинестетическая чувствительность к спинальным уровням управления движениями отношения не имеет [8, 9]. Интегрированные под углом зрения количественных пространственно-временных отношений, кожные, суставные, мышечные и вестибулярные (отолитовые) первичные рецепции обеспечивают то активное чувство массы, о котором писал Ариенс Капперс [10]. К творению этого сенсорного чуда, видимо, имеют отношение предмозжечковые ядра, сигнализирующие в центральную нервную систему о величине опосредованной силой земного тяготения массы тела, - массы тела, которую необходимо активно удерживать в вертикальной позиции над ограниченной плоскостью опоры [11, 12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурфинкель В.С., Коц Я.М., Шик М.Л. Регуляция позы человека. М.: Наука, 1965. 256 с.
2. Магнус Р. Установка тела. М.-Л: Изд. АН СССР, 1962. 623с.
3. Гурфинкель В.С, Липшиц М.И., Попов К.Е. Пороги кинестетической чувствительности в вертикальной позе // Физиология человека. 1982. Т.8, №.6. С. 981-988.

4. Бернштейн Н.А. О построении движений. М.: Соцэкгиз, 1949. 255 с.
5. Сепп Е.К. История развития нервной системы позвоночных. М.: Медгиз, 1949. 419 с.
6. Clark F.J., Landgren S., Silfrenius H. Projections to the cat's cerebral cortex from low threshold joint afferents // Acta Physiol. Scand. 1973. Vol.89. P.504.
7. Heath C.I., Hore I., Phillips C.G. Inputs from low threshold muscle and cutaneous afferents of hand and forearm to areas 3a and 3b of baboon's cerebral cortex // J. Physiol., London. 1976. Vol.257. P. 199.
8. Гурфинкель В.С., Левик Ю.С. Система отсчета и интерпретация проприоцептивных сигналов // Физиология человека. 1998. Т.24, № 1. С.53-58.
9. Гурфинкель В.С., Левик Ю.С. Мышечная рецепция и обобщенное описание положения тела // Физиология человека. 1999. Т.25, № 1. С.87-91.
10. Kappers A.C.U. The Evolution of the Nervous System in Vertebrates ana Man. Haarlem: De Erven f. Bohn, 1929. 335 p.
11. Винарская Е.Н., Кууз Р.А., Ронкин М.А., Фирсов Г.И. Исследование процессов взаимодействия афферентного и эфферентного системного синтеза в постуральной активности человека // Информатика и системы управления. 2010. № 2(24). С.47-49.
12. Винарская Е.Н., Кууз Р.А., Ронкин М.А., Фирсов Г.И. Топологические аспекты афферентного и эфферентного системного синтеза в задачах изучения постуральной активности человека // Информатика и системы управления. 2009. № 4(22). С.44-46.

E-mail: firsovgi@mail.ru

Е.Н. Винарская, д-р мед. наук, Г.И. Фирсов

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Москва

СТАНОВЛЕНИЕ КИНЕСТЕТИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ В УПРАВЛЕНИИ СТАТИКОЙ ПОЗЫ ЧЕЛОВЕКА

Рассматриваются изменения порогов кинестетической чувствительности при изменении позы. Выделены основные моменты эфферентного синтеза кинестетической чувствительности как инструмента адаптивного поведения организма в поле земного тяготения.

Ключевые слова: поза, кинестетическая чувствительность, позные автоматизмы, зоны устойчивости.

Vinarskaya E.N., Firsov G.I.

Blagonravov Mechanical Research Institute

FORMATION OF KINESTHETIC SENSATION IN THE MANAGEMENT OF HUMAN POSTURES STATICS

Discusses changes in the thresholds of kinesthetic sensitivity when you change posture. Highlighted the main points of efferent synthesis kinesthetic sensitivity as a

tool of adaptive behavior of the organism in the gravitation field.

Key words: posture, kinesthetic sensitivity, automation of posture, the zone of stability.

Изучение порогов кинестетической чувствительности в процессе восприятия пассивного движения голеностопного сустава в верхне-нижнем направлении (по методу «процедуры Фехнера», описанной К.В. Бардиным [1]) показало, что они возрастают при переходе испытуемых из позиции «сидя» в позицию «стоя» в 5-10 раз. Этот эффект наблюдался и в том случае, когда в контрольном эксперименте на коленях у сидящих испытуемых находился пассивно лежащий груз, эквивалентный весу их тела. Если учесть, что характерная амплитуда изменения угла в суставе при спокойном стоянии составляет около 0,2 градуса, а скорость изменения суставного угла бывает, как правило, больше, чем в их опытах, то становится ясно, что для человека возможно текущее восприятие и осознание движений голеностопного сустава с амплитудой около 0,1 градуса [2]. Отдельные подвиды кинестетической чувствительности формируются в процессе активного освоения ребенком позной статики, локомоторных актов и предметных действий. Вестибулярная (отолитовая) регуляция позной активности хороша для целей восстановления уже свершившегося нарушения равновесия посредством использования готовых, опробированных в видовом опыте двигательных автоматизмов (синергий), которые не требуют текущего контроля за их выполнением, и которые нет необходимости прогнозировать. Относительная инертность отолитовых рецепций тоже не препятствует регуляции равновесия тела по оценке конечного результата поведенческого акта. Другое дело, когда перед организмом возникает адаптивная цель не восстанавливать равновесие, а предупреждать саму возможность его нарушения. Для этого отолитовые реакции оказываются непригодными: их пороги слишком высоки, время срабатывания слишком велико, а период восстановления работоспособности слишком длинен. Да и реализующие реакцию выработанные в видовом опыте стандартные синергии мало пригодны для текущего контроля вертикальной позы тела. Начинается интеграция отолитовых рецепций с сопровождающими их суставно-мышечными рецепциями. Именно эти последние рецепции, получая особую субъективную ценность, подвергаются прогрессивному условно-рефлекторному развитию, вместе с чем совершенствуется и механизм управления позной активностью.

Надо полагать, что сбалансированные величины напряжения сгиба-тельных и разгибательных мышц, фиксирующих в адекватной позиции то

или иное сочленение, подвергаются тончайшей регулировке. Возрастание напряжения разгибательных мышц, перемещая вектор тяжести тела (или его части) кзади, изменяет афферентацию предмозжечковых ядер, что формирует поправочный рост эфферентной импульсации к соответствующим сгибателям и наступает перемещение вектора тяжести кпереди; Это перемещение происходит до тех пор, пока оно не станет чрезмерным и не породит сигнал от предмозжечковых ядер, требующий усиления разгибательного напряжения мышц. Надежность такого саморегулирующегося механизма, по-видимому, повышается тем, что рецепция сухожильных телец Гольджи усиливается при растяжении мышцы, а мышечных веретен - при ее сокращении, т.е. в связи с его дублированием. И все эти ничтожные сдвиги в степени напряжения и растяжения взаимодействующих сгибательно-разгибательных мышечных групп объективно отражаются рецепторами и субъективно переживаются человеком как некое и качественно, и локально весьма неопределенное ощущение, как «темное мышечное чувство» (И.М. Сеченов).

Ожидать большей определенности от ощущений, связанных с операционным планом двигательного поведения нельзя, да и не нужно. Вряд ли можно было бы так тонко управлять позной активностью, если бы каждое смещение вектора тяжести тела и его отдельных частей подвергалось четкому осознанию: человек оказался бы в ситуации сороконожки, размышляющей над тем, какой ножкой, как и в какой последовательности двигать. Малая осознаваемость кинестетической чувствительности - ее достоинство, как чувствительности, обеспечивающей операционный процессуальный план позной активности [3]. Участие отолитовой, мышечно-суставной и примитивной кожной чувствительности в операционном (процессуальном, континуальном) контроле за позной активностью мышц неизбежно ведет к обобщению и интеграции этих видов чувствительности в единую кинестетическую чувствительность – инструмент адаптивного поведения организма в поле земного тяготения. В свете концепции П.К. Анохина относительно системной структуры поведения можно думать, что эта интеграция есть ни что иное, как эфферентный синтез – одна из форм обратной афферентации. В процессе локомоторных актов или произвольных движений рук эфферентный синтез обеспечивает адекватное развертывание последовательности программ, реализующих данное целенаправленное действие, со своевременным санкционированием завершения каждой предшествующей из них и возможности перехода к каждой последующей. В статической позной

активности эфферентный синтез также имеет процессуальный (континуальный) характер, обеспечивающий гладкие непринужденные переходы от одной операционной программы ко второй, от нее к третьей и, если нужно, к последующим в зависимости от развития утомления в работающих мышцах и по мере изменения операционных условий данной двигательной задачи (изменений доминирующей и обстановочной афферентации). В роли обратной афферентации, санкционирующей конечный результат статической позной активности используется прежде всего вестибулярная (отолитовая), а также зрительная рецепция.

Г.Ц. Агаян [4] в своем исследовании позной активности предлагает следующую блок-схему эфферентного синтеза. Он говорит о двух кругах обратной афферентации (OA_1 и OA_2). OA_1 - это финальная санкционирующая афферентация от конечного результата поведения или от завершившейся реализации одной из его программ-квантов действия; она может играть роль пусковой афферентации по отношению к другой такой квантованной программе; OA_2 - это континуальная афферентация от параметров эффекторов и среды. В системе психологических представлений о структуре деятельности обратная эфферентная афферентация представляется процессом операционным, связанным по природе своей с текущими сменяющимися друг друга кинестетическими образами; обратная же санкционирующая афферентация, будучи связанной с прогнозируемым образом целенаправленного действия, должна быть более определенной; в случае осознаваемого целенаправленного действия - это уже не образ, а устойчивое вербализованное представление.

С усложнением адаптивного поведения в поле земного тяготения: вертикализацией позы тела, повышением требований к ее стабильности, с развитием локомоций и произвольных предметных движений рук требования к эфферентному кинестетическому синтезу возрастают, что ведет к дальнейшему развитию и кинестетической чувствительности [5, 6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бардин К.В. Пороговая проблема и дифференциальная психофизика // Вопросы психологии. 1990. №1. С.131-136.
2. Гурфинкель В.С., Липшиц М.И., Попов К.Е. Пороги кинестетической чувствительности в вертикальной позе // Физиология человека. 1982. Т.8, №.6. С. 981-988.
3. Бернштейн Н.А. Современные искания в физиологии нервного процесса / под ред. И.М. Фейгенберга, И.Е. Сироткиной. М.: Смысл, 2003. 330 с.
4. Агаян Г.Ц. Квантовая модель системной организации целенаправленной деятельности человека. Ереван: Айастан, 1991. 224 с.

5. Винарская Е.Н., Кууз Р.А., Ронкин М.А., Фирсов Г.И. Проблемы системного синтеза в изучении поструральной активности человека // Информация и процессы управления. 2007. № 1(13). Приложение. С.14-16.
6. Винарская Е.Н., Кууз Р.А., Ронкин М.А., Фирсов Г.И. Взаимосвязь афферентного и эфферентного системного синтеза в изучении поструральной активности человека // Информатика и системы управления. 2008. № 2(16). С.115-116.

E-mail: firsovgi@mail.ru

© 2015 г. Л.А. Гридин¹, д-р мед. наук; А.А. Шишов^{1,2}, д-р мед. наук;
М.В. Дворников², д-р мед. наук

(¹Первый московский государственный медицинский университет
им. И.М.Сеченова, Москва, ²ЦНИИ Военно-воздушных сил Министерства
обороны Российской Федерации, Московская область, г. Щелково)

СИСТЕМНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

Обобщены современные представления об адаптационных реакциях организма человека в Арктическом регионе, включая характеристику периодов адаптации человека, особенности психофизиологических реакций, моторно-висцеральных реакций, циркадные особенности адаптационных реакций, особенности адаптации системы дыхания человека и компенсаторно-приспособительных реакций его организма.

Ключевые слова: адаптационная физиология, экологическая физиология, экология человека, жизнедеятельность в условиях Арктики.

L.A. Gridin¹, A.A. Shishov^{1,2}, M.V. Dvornikov²

(Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow¹, Central Scientific and Research
Institute of Military Air Forces of RF Defense Ministry, Moscow region, Shchelkovo)

SYSTEM FEATURES OF ADAPTIVE REACTIONS OF A MAN IN ARCTIC REGION

Modern conceptions about adaptive reactions of a man in the Arctic region are discussed including the characteristic of the periods of human adaptation, the features of psychophysical responses, motor-visceral reactions, circadian features of adaptive reactions, the features of adaptation of a human breathing system and compensatory-adaptive reaction of a man.

Key words: adaptation physiology, ecologic physiology, ecology of a man, life in Arctic.

Арктический регион является природной экстремальной зоной Крайнего Севера, предъявляющей повышенные требования к приспособительным возможностям организма [1-4]. В таких условиях человек подвергается воздействию совокупности экстремальных факторов внешней среды, определяющих специфику его адаптации, которая характеризуется совокупностью социально-биологических свойств и особенностей, необходимых для устойчивого существования в конкретной экологической среде обитания. Поэтому проблема гомеостаза, охватывающая все аспекты взаимодействия организма и внешней среды, имеет большое прикладное значение.

Психофизиологические особенности адаптационных реакций

Реакции организма на действие холода направлены на повышение теплопродукции и уменьшение теплоотдачи. Усиление теплопродукции на холоде обусловлено гиперфункцией щитовидной железы, увеличением секреции катехоламинов и кортикостероидов, активацией процесса перекисного окисления липидов, увеличением объема микроциркуляторного русла органов [2, 4]. Эти особенности метаболизма являются отражением перестроек в функционировании нейроэндокринной системы в целом и гормонального профиля в частности, необходимых организму для того, чтобы «вписаться» в циклический годичный ритм сменяющихся контрастных климатогеографических факторов [1, 3].

В связи с тем, что население арктического региона формируется преимущественно за счет миграции, при трудовой деятельности в экстремальных климатических условиях формируется цепочка изменений: климатический стресс, нервно-эмоциональное напряжение, утомление, переутомление, формирование пограничных состояний (тревожность), нервно-психическая патология [5].

Адаптационные вегетативные реакции у большинства практически здоровых людей, работавших в полярных условиях, обычно носят приспособительный характер. Показано, что у людей, живущих на Крайнем Севере, дизадаптивные и патологические расстройства проявляются замедлением регенераторно-восстановительных процессов, функциональными иммунодефицитами, быстрым истощением регуляторных нейроэндокринных механизмов, ускорением прогрессирования заболеваний, выраженными процессами склерогенеза и преждевременным старением [1-5].

Особенности адаптационных моторно-висцеральных реакций

При адаптации человека в арктическом регионе особое значение придается моторно-висцеральной системе: выработку устойчивости организма к холоду сопровождает снижение мышечной дрожи или снижение электри-

ческой активности скелетной мускулатуры, повышение общего газообмена, возрастание метаболической реакции на введение норадреналина, повышение активности щитовидной железы и др. [2, 3].

В процессе акклиматизации при неблагоприятных погодных условиях (сочетание сильного ветра и мороза) у людей отмечается «полярная одышка» с ощущением затрудненного дыхания. В период полярной ночи тонус высших отделов центральной нервной системы понижен, нарушается ритм сна, отмечаются признаки психической подавленности и невротических состояний; в период полярного дня тонус центральной нервной системы повышен, имеют место явления перевозбуждения, сокращения и фазовых сдвигов длительности сна [1, 4, 5].

Циркадные особенности адаптационных реакций организма

Характерной особенностью процесса адаптации к экстремальным условиям Крайнего Севера является развитие своеобразного синдрома, напоминающего хроническую гипоксию и названного «циркумпольным гипоксическим синдромом» [1, 2]. Основными физиологическими проявлениями «циркумпольного гипоксического синдрома» являются скрытая или явная дыхательная недостаточность, увеличение минутного объема дыхания, снижение жизненной емкости легких, максимальной вентиляции легких, резервов функциональной остаточной емкости, гипертрофия правого желудочка сердца, повышение систолического давления в легочной артерии, снижение ударного объема сердца, выраженная интенсификация эритропоэза. Развивающуюся при этом гипоксию рассматривают как смешанную, включающую тканевый и дыхательный компоненты [2-5].

Особенности адаптации системы дыхания

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что адаптивные изменения, происходящие в системе дыхания и кровообращения, носят фазовый характер и зависят как от особенностей региона, к которому идет приспособление, так и от северного стажа, пола, возраста, образа жизни, характера трудовой деятельности, сезона года, конституциональных особенностей адаптирующихся [6-8].

Холодовое воздействие сопровождается также выраженной рефлекторной бронхоспастической реакцией, ведущей к заметной гипертрофии циркулярных мышечных слоев бронхов и бронхиол. Адаптивная перестройка легких часто сопровождается появлением дистрофических и деструктивных процессов, что в свою очередь и определяет большую ранимость органов дыхания на Крайнем Севере и в 2-3 раза большую частоту болезней легких [1, 2, 4].

Компенсаторно-приспособительные реакции организма

В течение первого года адаптации (фаза дестабилизации, или мобилизации) отмечается повышение уровня функционирования системы кровообращения, более выраженное в период полярной ночи. Затем в фазу стабилизации (1-4 года) устанавливается относительно стабильный уровень функционирования сердечно-сосудистой системы, но более высокий, чем в средних широтах, и требующий напряжения регуляторных и функциональных систем. Впоследствии развиваются разнонаправленные изменения в системе кровообращения (переходная фаза, 5-7 лет), и уровень функционирования ее снижается. При этом отмечают умеренное увеличение артериального давления и периферического сосудистого сопротивления. Через 7-10 лет и более наступает фаза истощения, которая характеризуется постепенным снижением функциональных резервов гемодинамики [2]. Большинство исследователей приходит к выводу о гипертензивном действии климатогеографических условий арктического региона на организм [2, 5].

Заключение. Приведенные факты обуславливают необходимость проведения с лицами, работающими в арктическом регионе, профилактических мероприятий, направленных на оптимизацию их функционального состояния, сохранение профессионального здоровья с учетом особенностей выполняемых задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Марачев А.Г. Патология человека на Севере. М.: Медицина. 1985. 415 с.
2. Агаджанян Н.А., Ермакова Н.В. Экологический портрет человека на Севере. М.: Крук. 1997. 208 с.
3. Гридин Л.А., Шишов А.А., Дворников М.В. Особенности адаптационных реакций человека в условиях Крайнего Севера // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 4 (253). С. 4-6.
4. Казначеев В.П. Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт. М.: Медицина, 1980. 217 с.
5. Кривошеков С.Г., Охотников С.В. Производственные миграции и здоровье человека на Севере. Москва-Новосибирск, 2000. 118 с.
6. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Психофизиологические механизмы формирования и развития функциональных состояний // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2014. Т. 100, № 10. С. 1130-1137.
7. Ушаков И.Б., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Физиология труда и надежность деятельности человека. М.: Наука, 2008. 318 с.
8. Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V. Method of synthesis of the psychophysiological stress index of operators // Biomedical Engineering. 2001. Т. 35, № 4. С. 207-210.

E-mail: shishovec@rambler.ru

© 2015 г. **Н.С. Потемкина**, канд. биол. наук,
В.Н. Крутько, д-р техн. наук,
*Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук, Москва*

КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ «ЗДОРОВЬЕ РОССИИ»

Одновременно с необходимостью изменения образа жизни населения на более здоровый, современные IT-технологии создают все предпосылки для перехода здравоохранения на более высокий качественный уровень. В связи с этим представляется целесообразным создание базы данных «Здоровье России», которая будет аккумулировать медицинские знания, данные мониторинга здоровья населения и окружающей среды. Использование базы данных будет способствовать обучению населения и предоставлению удаленных консультаций и лечения. Для надежного обеспечения конфиденциальности личных данных и во избежание манипулятивного воздействия на население предлагается использовать технологии блокчейн, краудсорсинга и Wiki.

Ключевые слова: здоровый образ жизни, IT-технологии, mHealth, общество знания.

© 2015 г. **NS Potemkin, VN Krut'ko**
*Federal Research Centre of "Informatics and Management" of the Russian Academy
of Sciences, Moscow*

THE CONCEPT OF DEVELOPING A DISTRIBUTED DATABASE "HEALTH OF RUSSIA"

Along with the need to change lifestyles to more healthy, modern IT-technology creates all the preconditions for the transition to a higher health level of quality. In this connection it is appropriate to create a database "Health of Russia", which will accumulate the medical knowledge, data monitoring public health and the environment. Using a database would contribute to public education and the provision of remote consultations and treatment. To reliably ensure confidentiality of personal data and avoid manipulative impact on the population are encouraged to use technology blockchain, crowdsourcing and Wiki.

Key words: healthy lifestyle, IT-technology, m-Health, knowledge society.

Информационные технологии становятся ключевым инструментом изменений в сфере здравоохранения. Смартфоны, используемые как биосенсоры, и медицинские браслеты позволяют измерять многие параметры здоровья без обращения к врачу. Существуют приложения, которые учат правильно есть, мобильные устройства для измерения насыщенности крови кислородом, для контроля изменения пульса, ЭКГ, ЭЭГ, ведутся разработки

устройств оценки калорийности поедаемой пищи (используя микроволновую печь), формируется рынок мобильной медицины (mHealth).

Однако информация, отражающая состояние организма, полученная с гаджетов ориентирована на использование семейным врачом. Такая информация разрознена и недоступна для обобщения. Тогда как сохранение, структурирование и анализ этой информации представляет большой интерес для исследований в области медицины и здоровья населения, а для каждого пациента дает возможность обратиться за квалифицированной консультацией к разным специалистам. Имея доступ к своим исследованиям, пациент может в любой точке мира получить медицинскую консультацию.

Известно, что образ жизни является ведущим фактором, определяющим состояние здоровья, и по расчетам ученых, его вклад в здоровье составляет 50-55%. Также факторы образа жизни в большей степени, чем другие, способствуют преждевременной смерти человека [4, 5].

По различным оценкам каждый доллар, инвестируемый в программы укрепления здоровья, позволяет сэкономить от 3 до 6 долларов.[10]. При этом здоровье следует рассматривать как баланс физического, эмоционального, социального, духовного и интеллектуального здоровья. В.А. Лищук, исследуя проблемы здоровья и, в частности, духовного здоровья, приходит не только к радикальному, но и экономически обоснованному выводу – «Здоровье должно стать общероссийской целью, критерием управления культурой (духовное здоровье), экономикой, социумом, обучением, обороноспособностью, финансами. Духовное здоровье может стать стратегией развития человечества» [6] и основным инновационным ресурсом России [4].

IT-технологии, вендряемые в медицину, здравоохранение и образование, предоставляют широкие возможности воздействия на образ жизни человека. А.В.Лисица (выступление на Совете по науке и образованию 24.06.15) [6] предлагает создать систему научно обоснованного воздействия на привычки и образ жизни посредством сетевых технологий, а главным результатом создания такой системы видит формирование общества знания как необходимого шага к повышению качества жизни. Разработке концепции общества знания посвящен обширный доклад ЮНЕСКО [3], в котором констатируется, что на смену вертикальным иерархиям приходят сетевые горизонтальные отношения. Формируется новая глобальная информационная культура, размывающая границу между производителями и получателями знаний. Обучение становится ключевой ценностью. Фундаментальные знания будут определяться не суммой сведений и фактов, а способно-

стью извлекать из них знания. То распространение медицинских знаний с помощью IT-технологий, обучение населения здоровому образу жизни, «мониторинг состояния системы организма с использованием гаджетов, веб-приложений, мобильных устройств, в результате чего возникнет облачное информационное пространство медицинских данных» [7], вполне соответствует требованиям и возможностям общества знания.

Предложение В.А. Лисицы «охватывает широкие слои населения, применимо в государственном масштабе и одновременно способствует возникновению креативных рынков, связанных с хранением и обработкой больших информационных массивов». Этот вывод коррелирует с выводами В.А. Лищука – здоровье населения может стать критерием управления обществом, характеризующим его экономическое развитие. При этом важно сформировать критическую массу людей, способных к сотрудничеству с государством в социально-сетевой среде здоровьесбережения и здоровьестроительства [4,7]. Интересно, что существует научно-обоснованная оценка размера критической массы населения, необходимой и достаточной для того, чтобы идея овладела массами – это всего 10% населения. [11]. То отчетливо прослеживается необходимость обучения широких слоев населения здоровому образу жизни. И для этого есть все нужные средства.

Правда, некоторые моменты, связанные с внедрением IT-технологий в здравоохранение (так же как и в другие жизненно важные сферы) настораживают. Например, среди терминов mHEALTH фигурирует «Розничное здравоохранение». Термин подразумевает, что пациент рассматривается как потребитель в центре маркетинговой бизнес-стратегии предоставления медицинских услуг. Неправильно медицинскую помощь перекалывицировать в услугу, а пациента в потребителя. (Так же делать из школьника и студента потребителя образовательных услуг). Здесь уместно процитировать: «В эпоху, когда производство товаров и услуг все больше становится делом автоматизированных заводов или дешевой рабочей силы, сама трудовая деятельность уже не является организующим принципом общества. В связи с тем, что капиталистический способ производства больше не будет являться доминирующим, необходимо ожидать появления и развития нового низшего класса. Вместо ранее существовавшего пролетариата нарождается новый класс – «потребители». Потребление товаров и услуг должно рассматриваться как альтернативная форма производства, ключевая для поддержания общественных механизмов» [1]. Такой сценарий развития можно считать почти реализованным, и он никак не вписывается в парадигму Общества Знания [3]. Поэтому дальнейшие усилия в развитии мо-

бильной медицины должны быть направлены в сторону, противоположную этому сценарию. Превращение члена общества в потребителя тесно связано с широко распространенной в СМИ манипуляцией общественным сознанием и ненадежностью хранения личных данных[8]. Мы думаем, что на данном этапе развития IT-технологий существуют и развиваются механизмы для решения этих проблем, например технологии Wiki, краудсорсинга и блокчейн [2,9]. Предлагается

1) На основе концепции и математического обеспечения Wiki, создать базу данных (знаний) по вопросам здоровья населения, состояния окружающей среды, качества продуктов питания и других товаров, влияющих на здоровье.

2) Создать специальную социальную сеть, объединяющую владельцев специализированных гаджетов, волонтеров по сбору информации, представителей учреждений здравоохранения, оздоровительных и спортивных центров, учреждений по мониторингу окружающей среды и всех заинтересованных лиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бард А., Зодерквист Я. Нетократия. Available at: http://www.avatargroup.ru/Biblioteka/A_Bard_i_Ya_Zoderkvist_-_Netokratiya.aspx
2. Интернет нового поколения: всё дело в блокчейне! http://bitnovosti.com/2015/05/23/internet_novogo_pokoleniya_vse_delo_v_blockchain/
3. К обществам знания. Всемирный доклад ЮНЕСКО. Издательство ЮНЕСКО. 2005. Available at: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001418/141843r.pdf>
4. Крутько В.Н., Смирнова Т.М. Человеческий капитал: проблема и ресурс инновационного развития России. М.: Цифровичок. 2012. 279 с.
5. Лисицын Ю.П. Общественное здоровье и здравоохранение. М., ГЭОТАР-Медиа, 2009, -512
6. Лищук В.А. Стратегия духовности. М.: Научный мир, 2007. 88 с.
7. По материалам Kremlin.ru (<http://kremlin.ru/events/president/news/49755>) см. видео <https://yadi.sk/i/iEWWE0n7hY9QK>
8. Потемкина Н.С. Влияние СМИ на здоровье: фактор дестабилизации или устойчивого развития? // Системный анализ проблемы устойчивого развития, Т.54; ред.: Ю.С. Попков, В. А. Путилов. М.: Ленанд: URSS, 2010, С.119-131.
9. Чем Эфириум привлекателен для бизнеса <http://bitnovosti.com/2015/06/30/the-business-imperative-behind-the-ethereum-vision/>
10. Berry L., Mirabito A.M., Baun W.B. What's the hard return on employee wellness programs? // Harvard business review. 2010. December. P. 104-112.
11. Xie, J., Sreenivasan, S., Korniss, G., Zhang, W., Lim, C., Szymanski, B.K. Social nensus through the influence of committed minorities // Physical Review E. 2011. Vol. 84, 011130.

E-mail: dncfpd@dncfpd.ru

© 2015 г. **А.Н. Сапегин**, канд. психол. наук

Филиал №1 ФГКУ «ГВКГ им. Н.Н.Бурденко» МО РФ, Москва

УЧЁТ ОСОБЕННОСТЕЙ УЧРЕЖДЕНИЙ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ, ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ И СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Обобщён опыт учёта особенностей учреждений медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины при разработке медицинских информационных систем.

Ключевые слова: автоматизация, медицинская информационная система, электронная медицинская карта, лечебно-диагностический процесс, медицинская реабилитация, восстановительная и спортивная медицина.

A.N. Sapegin

*Branch №1 «MMCH named after N.N. Burdenko» the Ministry of Defense
the Russian Federation, Moscow*

Experience of the account of features of establishments of medical rehabilitation, regenerative and sports medicine is generalised by working out of medical information systems.

Keywords: automation, medical information system, an electronic medical card, medical-diagnostic process, medical rehabilitation, regenerative and sports medicine.

Ряд особенностей деятельности учреждений восстановительного лечения и реабилитации отличает их от других медицинских учреждений:

1. Прохождение пациентом курсов лечения / реабилитации, планируемых на длительный срок и корректируемых по результатам оценки изменения состояния пациента.
2. Параллельный контроль изменения состояния больного врачом-куратором и несколькими врачами-специалистами.
3. Согласование «пересекающихся» курсов лечения / реабилитации.
4. Планирование групповых занятий.
5. Учет загрузки оборудования и кабинетов.
6. Собственно «воздействие» часто осуществляется специальным оборудованием.
7. Назначение не только манипуляций, их количества и периодичности, но и указание зон и других физических показателей воз-

действия.

8. Оценка результатов лечения в динамике по разным «наборам показателей» для каждого пациента и оперативная коррекция курса лечения по результатам оценки изменения значений контролируемых параметров.

Учёт указанных особенностей в медицинской информационной системе «МИС-Ристар» позволил создать эффективный «инструмент» управления потоками пациентов, планирования нагрузки, ведения электронной медицинской карты (ЭМК), оценки качества лечения.

Более чем 6-летний опыт реальной эксплуатации «МИС-Ристар» в Центре восстановительной медицины и реабилитации Управления делами Президента РФ подтвердил востребованность и высокую эффективность следующих основных решений:

1. Настраиваемые алгоритмы «размножения направлений» и создания «шаблонов курсов лечения» позволяют формировать «маршрутный лист» при назначении нового или при изменении ранее назначенного курса. При этом затраты времени, не превышают те, что требуются на оформление одной записи в «традиционной регистратуре».

2. «Маршрутизатор расписания» реализует предварительную запись пациентов, автоматически изменяя интервалы в «сетке расписания» в зависимости от длительности планируемых манипуляций.

3. Функции расписания, применимые для индивидуальных записей, применимы и для записей на групповые занятия.

В итоге, эффективность планирования и работы регистратур возрастает почти в 4 раза, по сравнению с «традиционной регистратурой», появляется визуальная оценка загрузки персонала, кабинетов и оборудования.

Для анализа динамики изменения состояния пациента предусмотрена возможность автоматической загрузки значений контролируемых показателей из предыдущих записей в ЭМК и получение сравнительной оценки, как по каждому показателю, так и по всему «набору показателей», в том числе, для группы пациентов.

Режим указания зон и других параметров воздействия обеспечивает одновременную запись в ЭМК и в протоколе назначений для медицинского персонала, реализующего выполнение назначений.

Специальный режим позволяет без привлечения IT-специалистов добавлять в структуру регистрируемых показателей новые параметры, такие как: результаты углублённого медобследования, выполнения нагрузочных тестов, спортивных упражнений и т.п.

В итоге, появляется возможность не только повысить эффективность текущей работы, но и получать объективную количественную оценку качества проведённого лечения.

Программное обеспечение «МИС-Ристар» работает под управлением *MS Windows 2000, Windows XP, Windows Vista, Windows 7* и старше.

СУБД Oracle Oracle 10g, 11g и старше (для небольших решений – до 20 рабочих мест СУБД входит в состав поставляемого решения и не требует дополнительных затрат на лицензии.

Архитектура – Клиент-Сервер, либо многозвенная архитектура.

E-mail: ansapegin@yandex.ru

Л.И. Каюмова, канд. мед. наук, **Е.И. Буданова**, канд. мед. наук,
А.А. Перина, Т.И. Булулукова

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московская областная станция переливания крови», Москва

ПРОГРАММА «АИСТ» В ОБЕСПЕЧЕНИИ ИНФЕКЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГЕМОТРАНСФУЗИОННЫХ СРЕД

Излагается опыт использования системы «АИСТ» для соблюдения санитарно-эпидемиологического режима при проведении основных технологических процессов заготовки и производства компонентов крови в ГБУЗ МО «МОСПК».

Ключевые слова: автоматизированная информационная система трансфузиологии, автоматизированное рабочее мест, донорство, компоненты крови, инфекционная безопасность.

L.I. Kayumova, E.I. Budanova, A.A. Perina, T.I. Bululukova
State Budget Institution of Health of Moscow region "Moscow Regional Blood Transfusion", Moscow

PROGRAM "AIST" IN ENSURING INFECTIOUS SAFETY OF TRANSFUSION MEDIA

The experience of using the system "AIST" for observance of sanitary-epidemiological regime in the conduct of basic technological processes of preparation and production of blood components in the GBUZ MO "MOSPK."

Key words: automated information system Transfusiology, automated work places, blood donation, blood components, infectious safety.

Введение. Согласно статистике Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), каждый третий житель планеты как минимум раз в жизни нуждается в переливании крови [5]. Даже человек с крепким здоровьем и безопасной сферой деятельности не застрахован от травмы или заболевания, при котором ему будет необходима донорская кровь. Ежегодно в мире производится более 85 миллионов процедур сдачи крови, а в России ежегодно переливают кровь более полутора миллионам человек [4].

Вместе с тем переливание донорской крови связано со значительным потенциальным риском для пациента (реципиента). Среди наиболее серьезных осложнений этой процедуры является инфицирование больного при проведении гемотрансфузионной терапии. Для предотвращения передачи инфекционных заболеваний во время гемотрансфузий заготовка, переработка и хранение донорской крови и ее компонентов осуществляются в строгом соответствии с требованиями действующих нормативных документов и соблюдением санитарно-эпидемиологического режима к обеспечению безопасности гемотрансфузионных сред [3, 5]. Это в свою очередь вызывает необходимость полноценного оперативного учета доноров.

Технология работы информационной системы «АИСТ» в обеспечении инфекционной безопасности донорской крови. С целью создания единого банка данных по донорам Московской области на базе Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Московская областная станция переливания крови» (ГБУЗ МО «МОСПК») организован и функционирует Единый Донорский Центр Московской области (ЕДЦ МО), который осуществляет автоматизированную идентификацию данных с использованием локальной автоматизированной информационной системы трансфузиологии (АИСТ).

Информационная система состоит из отдельных автоматизированных рабочих мест (АРМ). Информация хранится на сервере и доступна по локальной компьютерной сети. Программно-аппаратное обеспечение АРМ позволяет оперативно получать на экране монитора компьютера и/или в виде печатных документов сведения, имеющиеся в базе данных системы, а также пополнять и обновлять эти данные.

Перед донацией все доноры проверяются по базе данных ЕДЦ МО. Формирование электронной базы данных включает: внесение сведений о донорах, зарегистрированных в учреждениях здравоохранения, независимо от ведомственной принадлежности, поступающих на бумажных носителях или в электронной форме, внесение сведений о лицах, отведенных от до-

норства по абсолютным и временным противопоказаниям, проверка полноты и достоверности поступающей информации.

АРМ «Региональный Единый Донорский Центр» системы позволяет осуществлять автоматизированную информационную поддержку документооборота широкого спектра различных работ с донорскими картами, журналами и предотвратить возможные ошибки медицинского персонала и повысить безопасность заготавливаемой крови. Все операции, выполняемые на данном АРМ, являются или вводом информации в базу данных системы, или поиском и выборкой из неё необходимой информации. Действия оператора объединены в несколько групп, при этом каждая группа действий выполняется при помощи своей специальной программной процедуры. Каждая из этих процедур связана со своим пунктом главного меню АРМ и инициируется при выборе соответствующего пункта.

При проведении мероприятий, направленных на повышение безопасности донорства в ЕДЦ МО постоянно проводится контроль за поступлением в базу данных абсолютных и временных отводов от донорства из всех задействованных источников информации. Выдается информация ответственным лицам о донорах, отведенных от донорства по абсолютным противопоказаниям. При этом программа формирует выборку по всем доступным базе данных параметрам и представляет отчет о том куда, когда и по накладной с каким номером были выданы продукты выбранного донора. При необходимости имеется возможность производить выборку из базы данных информации обо всех кровоплазмадачах выбранного донора (с информацией о продуктах и видах брака, если такой имелся).

К настоящему времени в базе данных ЕДЦ МО регистрируются все доноры, сдающие кровь в учреждениях службы крови Московской области, как в стационарных, так и в выездных условиях. Забор крови выездной бригадой производится, как правило, в отрыве от основной картотеки ЕДЦ МО, поэтому АРМ «Выездная бригада» системы содержит периодически обновляемую копию данных из этой картотеки. Получаемые данные позволяют оператору выездной бригады отделения заготовки крови в выездных условиях, оперативно провести предварительный контроль отвода от донорства и оценить противопоказания для донации.

В целях обеспечения инфекционной безопасности, в соответствии с «Техническим регламентом о требованиях безопасности крови, ее продуктов, кровезамещающих растворов и технических средств, используемых в трансфузионно-инфузионной терапии» вся изготовленная на станции плаз-

ма передается на карантинизацию в «Банк плазмы» отделения карантинизации и вирусиактивации компонентов крови. В лечебную сеть она выдаётся только после проведения повторного обследования донора через 6 месяцев [2]. Информационное сопровождение и контроль данной операции позволяет выполнить меню «Карантин» АРМ «Работа с продукцией». Технология данного меню позволяет осуществлять прием и хранение продукции, размещение, её перемещение и реализацию. Одной из важнейших задач данного этапа является мониторинг карантинизируемой продукции, который включает выборку из базы данных абсолютных отводов по всем донорам, продукция которых находится на карантине, получение информации по обследованиям, данных о донорах, имеющих полный комплект исследований для возможности выдачи карантинизированной продукции. С этой целью проводится автоматическая сверка поступающей новой информации из ЕДЦ МО, регистратуры, лабораторий, отделений заготовки крови.

Для длительного хранения эритроцитов в отделении компонентов крови и криоконсервирования клеток крови имеется «Банк клеток крови», что дает возможность оказывать экстренную помощь больным, обеспечивать трансфузиологическое лечение пострадавших при чрезвычайных ситуациях и в особый период. АРМ «Криобанк» системы обеспечивает регистрацию процедуры криоконсервирования компонентов крови при закладке их в банк, хранения, отмывания и размораживания при выдаче из банка, позволяет отслеживать запас компонентов крови.

Заключение. Использование информационной системы «АИСТ» позволяет повысить безопасность трансфузионной терапии, обеспечивает прослеживаемость и контроль технологического процесса заготовки и хранения компонентов крови, способствует предотвращению ошибок медицинского персонала, создает условия для создания единого информационного пространства между специалистами Службы крови и медицинскими организациями, дает возможность контролировать и поддерживать инфекционную безопасность гемотрансфузионных сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьёв А.И. Очерки по производственной и клинической трансфузиологии. М.: Ньюдиамед, 2006.
2. Постановление Правительства РФ от 26.01.2010 №29 «Об утверждении технического регламента о требованиях безопасности крови, ее продуктов, кровезамещающих растворов и технических средств, используемых в трансфузионно-инфузионной терапии».
3. Приказ Минздрава РФ от 07.05.2003 №193 «О введении в практику работы службы

крови в Российской Федерации метода карантинизации свежзамороженной плазмы».

4. Приказ Минздравсоцразвития России от 28.03.2012 №278н «Об утверждении требований к организациям здравоохранения (структурным подразделениям), осуществляющим заготовку, переработку, хранение и обеспечение безопасности донорской крови и ее компонентов, и перечня оборудования для их оснащения».
5. Скрининг донорской крови на гемотрансмиссивные инфекции: Рекомендации Всемирной организации здравоохранения. Женева, 2010.

E-mail: erkina_elen@mail.ru

УДК 613.693

© 2015 **П.М. Шешегов**, канд. мед. наук
*ЦНИИ Военно-Воздушных сил Минобороны России,
Московская область, г. Щелково*

УСЛОВИЯ ТРУДА АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ

Условия труда авиационных специалистов определяются, в первую очередь, воздействием шума и инфразвука, которые соответствуют вредному и опасному классам. Это является основной причиной повышенной заболеваемости. На основании расчетов рисков обоснованы профессиональные и профессионально обусловленные заболевания у авиационных специалистов.

Ключевые слова: шум, инфразвук, авиация, условия труда, заболевания, риск.

© 2015 **P.M. Sheshegoff**

Central research Institute of the Air Forces of the Russian Ministry of defense, Shchelkovo

CONDITIONS OF WORK OF AVIATION PROFESSIONALS AND PROFESSIONAL MORBIDITY

Conditions of work of aviation professionals are determined, primarily, the effects of noise and infrasound, which correspond to harmful and dangerous classes. This is the main cause of increased morbidity. On the basis of calculations of risks justified occupational and occupationally related diseases among aviation professionals.

Key words: noise, infrasound, aviation, labor conditions, diseases, risk.

Обеспечение безопасности полетов остается актуальной на всех этапах развития авиации, о чем свидетельствует высокий и относительно стабиль-

ный уровень аварийности, причем 69,9 % авиационных инцидентов обусловлены человеческим фактором [1].

Проводимые исследования показывают, что на современных летательных аппаратах (ЛА) повышаются интенсивность и агрессивность производственных факторов. В некоторых случаях неблагоприятные факторы могут достигать экстремальных значений, что приводит к возникновению летных происшествий. В тоже время постоянное длительное воздействие производственных факторов приводит к ухудшению работоспособности и повышению общей и профессиональной заболеваемости [2, 3].

Среди вредных производственных факторов в авиации доминирует авиационный шум (АШ). Основными источниками его служит работа двигателей ЛА и наземных энергетических установок. Более 20 % рабочих мест авиационных специалистов (АС) не соответствуют гигиеническим нормативам по шуму [4]. Производственный шум приводит к формированию профессиональной патологии [5].

Цель работы: изучить влияние производственных факторов на заболеваемость лётно-подъёмного состава (ЛПС) и инженерно-технического состава (ИТС).

Материал и методики. Оценка условий труда АС выполнена согласно руководству Р 2.2.2006-05. Проведено исследование акустической обстановки и уровня керосина в воздухе рабочей зоны, дана оценка микроклимата и тяжести трудового процесса. Для оценки заболеваемости использовали эпидемиологические ретроспективные исследования по документации за 2009 –2012 г.г. В основную группу были включены АС в количестве 1092 человека, подвергающиеся действию АШ на рабочих местах. Контрольная группа состояла из 353 человек, которые не подвергались влиянию шума. Расчет статистических показателей осуществлялся с использованием пакета прикладных программ по обработке статистических данных «Statistica 6.0» для Windows.

Результаты и обсуждение. Установлено, что на рабочих местах АС условия микроклимата, тяжести трудового процесса соответствуют гигиеническим требованиям допустимому классу (класс 2) условий труда (КУТ), а напряженность труда - классу 3.1 (вредный). По содержанию керосина на рабочих местах КУТ относится к классу 2 (допустимый). Анализ результатов акустических измерений показывает, что в большинстве случаев на рабочих местах ЛПС уровень звукового давления (УЗД) в звуковом диапазоне превышает предельно допустимый уровень (ПДУ) на 16–29 дБА, что соответ-

ствуется КУТ 3.2–3.3 (вредный), а у ИТС – на 27–36 дБА. КУТ 3.3–4 (вредный и опасный). В ИЗ диапазоне общий УЗД на рабочих местах ИТС превышает ПДУ на 1–12 дБЛин что соответствует КУТ 3.1 – 3.2 (вредный). У ЛПС превышение по этому фактору не выявлено – КУТ (допустимый) [6].

Таким образом, степень отклонения фактических значений производственных факторов от гигиенических нормативов у АС находится в диапазоне от допустимого до опасного. Наиболее неблагоприятное влияние на рабочих местах АС оказывает шум.

У ИТС величина показателей число случаев и число дней трудопотерь с временной утратой трудоспособности на 100 работающих соответствовала уровню «ниже среднего», а в контрольной группе (КГ) - «низкий» и «очень низкий». В структуре заболеваемости преобладали следующие классы болезней: органов дыхания (41,1% у ИТС и 29,0% в КГ), системы кровообращения (11,4% и 2,8%), органов пищеварения (10,5% и 7,1%), кожи и подкожной клетчатки (6,5% и 3,0%), нервной системы (6,5% и 4,1%) соответственно [7].

Итак, анализ заболеваемости ИТС позволил выявить увеличение общей заболеваемости и заболеваемости по ряду классов болезней. Заболевания органа слуха обусловлены специфическим действием интенсивного шума, а болезней сердечно-сосудистой, нервной и пищеварительной систем – неспецифическим. Повышение заболеваемости органов дыхания, глаз и кожи объясняется воздействием инфразвука [8].

В структуре заболеваний ЛПС доля заболеваний опорно-двигательного аппарата составила 19,3%, сердечно-сосудистой системы – 13,8 %, эндокринной системы – 9,7 %, желудочно-кишечного тракта – 9,4 %, органа зрения – 8 %. Наличие дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника обусловлено тем, что ЛПС при выполнении полётов длительное время находится в сидячем положении, что способствует развитию патологии во всех отделах позвоночника в виде деформирующего остеохондроза, грыжи межпозвонковых дисков, сколиоза и др. При полетах ЛПС подвергается действию знакопеременных перегрузок, действие которых отражается в виде патологии опорно-двигательного аппарата. Практически у каждого восьмого ЛПС имеются нарушения рефракции и аккомодации, что связано с напряжением зрения при слежении за показаниями приборов во время полетов. В тоже время на орган зрения оказывает воздействие ИЗ составляющая АШ. Высокая частота встречаемости заболеваний сердечно-сосудистой системы, в том числе заболеваний, характеризующаяся повышенным арте-

риальным давлением, является неспецифическим проявлением шумовой патологии.

Анализ развития нейросенсорной тугоухости (НСТ) в зависимости от стажа работы с шумом показал, что у 19 % АС в течение первых 5 лет работы развивается нарушение слуха. В дальнейшем через каждые 5 лет количество лиц, имеющих данную патологию, увеличивалось на 25-29 %. Проведенные статистические исследования доказывают, что выявленные нарушения слуха имеют устойчивую связь с воздействием АШ. Исследование вероятности развития НСТ показало, что при действии АШ эта патология формируется уже после 10-летней продолжительности работы у ИТС и 15-летней у ЛС. Вероятность развития НСТ у ИТС на 8 – 12% выше, чем у ЛС. Объяснением этому является то, что на рабочих местах ИТС УЗД выше, чем у ЛПС [9–11].

Таким образом, на АС воздействует комплекс вредных производственных факторов в виде физических (шум, инфразвук, микроклимат), химических (керосин) и факторы трудового процесса (тяжесть и напряженность труда). Среди них шум имеет наибольшую степень отклонения фактических уровней от нормативных величин и КУТ соответствует вредному (3.4) или опасному (4) в зависимости от типа ЛА [6, 12].

Повышенный уровень заболеваемости АС является следствием совместного действия высокоинтенсивного шума и инфразвука. В структуре заболеваний преобладают болезни, характерные как для действия шума (болезни органов уха, кровообращения, пищеварения и нервной системы), так и инфразвука (болезни органов дыхания, глаз и кожи).

Длительное действие АШ создает высокий профессиональный риск. Высокая частота выявления случаев НСТ и ее начальных признаков у АС указывает на высокую степень риска развития, то есть развитие у них профзаболевания органа слуха. Высокая частота встречаемости НСТ у АС требует пересмотра положений профотбора, диспансеризации и врачебной экспертизы. Заболевания позвоночника у ЛПС тоже должны относиться к профессиональному заболеванию. Болезни органа зрения у ЛПС и сердечно-сосудистой системы у АС являются производственно обусловленными [13, 14].

ЛИТЕРАТУРА

1. Психофизиологические аспекты совершенствования методов изучения ошибочных действий летного состава на основе концепции человеческого фактора / С.А.Щербаков, Ю.А.Кукушкин, В.Н.Зинкин и др. // Проблемы безопасности полетов. 2007. № 8. С.10-16.

2. Жданько И.М., Шешегов П.М. Актуальные проблемы авиационной медицины по профилактике неблагоприятного действия шума // Системный анализ в медицине: Мат. VIII междунар. науч. конф. Благовещенск. 2014. С.214-218.
3. Фундаментальные и прикладные аспекты профилактики неблагоприятного действия авиационного шума / И.М.Жданько, В.Н.Зинкин, С.К.Солдатов и др. // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2014. Т. 48, № 4. С. 5-16.
4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2013 году: государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия. 2014. 191 с.
5. Зинкин В.Н., Шешегов П.М., Чистов С.Д. Влияние особенностей производственного шума и инфразвука на заболеваемость и систему профилактики // Безопасность жизнедеятельности, 2015. С.3-12.
6. Особенности условий труда и заболеваемости инженерно-технического состава авиации / В.И.Свидовый, В.Н.Зинкин, С.К.Солдатов и др.// Профилактическая и клиническая медицина. 2006. № 2. С.46-49.
7. Влияние высокоинтенсивного авиационного шума на заболеваемость инженерно-технического состава Военно-воздушных сил / В.Н.Зинкин, В.В. Квасовка, С.К.Солдатов и др. // Военно-медицинский журнал. 2008. № 2. С.59-63.
8. Ведущие клинические критерии шумовой патологии / В.Н.Зинкин, В.Г.Миронов, О.Е.Сергеев и др. // Российская оториноларингология. 2007. № 3 (28). С.51-56.
9. Действие авиационного шума на орган слуха специалистов инженерно-технического состава Военно-воздушных сил / И.Б.Ушаков, С.И.Ромасюк, П.М.Шешегов и др. // Военно-медицинский журнал. 2006. № 7. С.59-62.
10. Действие авиационного шума на орган слуха специалистов Военно-воздушных сил / В.Н.Зинкин, С.К.Солдатов, П.М. Шешегов и др. // Военно-медицинский журнал. 2009. № 3. С.54-58.
11. Особенности патологического действия авиационного шума на орган слуха инженерно-технического состава авиации / В.Н.Зинкин, С.К.Солдатов, В.Г.Миронов и др. // Российская оториноларингология. 2007. № 6 (31). С.69-74.
12. Влияние профессиональных факторов на заболеваемость инженерно-технического состава военно-транспортной авиации / И.М.Люцкий, В.Н.Зинкин, Р.В.Афанасьев и др. // Военно-медицинский журнал. 2008. № 9. С.50-52.
13. Зинкин В.Н., Шешегов П.М. Проблемы экспертизы воздействия высокоинтенсивного шума на специалистов Военно-воздушных сил // Военно-медицинский журнал. 2012. №1. С.45-50.
14. Профессионально обусловленная заболеваемость авиационных специалистов / С.К.Солдатов, И.В.Бухтияров, В.Н.Зинкин и др. // Медицина труда и промышленная экология. 2010. № 9. С.35-40.

E-mail: sheshegoff.pavel@yandex.ru

УДК 534.221:629.73.017.26

© С.К. Солдатов, д-р мед. наук, В.Н. Зинкин, д-р мед. наук
ЦНИИ Военно-Воздушных Сил Минобороны России,
г. Щелково Московской области

АВИАЦИОННЫЙ ШУМ КАК ПРИЧИНА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

Показаны источники шума в авиации. Акустическое загрязнение окружающей среды приводит к нарушению экосферы, повышению заболеваемости населения и социальному напряжению в обществе. Обоснованы экологические проблемы шума в авиации, требующие решения.

Ключевые слова: авиационный шум, инфразвук, заболевания, экология.

© S.K. Soldatov, V.N. Zinkin

(Central research Institute of the Air Forces of the Russian Ministry of defense, Shchelkovo)

AIRCRAFT NOISE AS A CAUSE OF ENVIRONMENTAL AND SOCIAL ISSUES

Shows the sources of noise in aviation. Acoustic pollution leads to disruption of the ecosphere, improve the disease population and social tension in the society. Substantiated environmental problems of noise in aviation to be solved.

Key words: aircraft noise, infrasound, diseases, ecology.

Шум занимает ведущее место среди неблагоприятных факторов производственной среды в авиации, а его воздействие приводит к снижению работоспособности, увеличению общей и профессиональной заболеваемости. Широкая распространенность шума в промышленности и на транспорте, увеличение экономических потерь за счет роста заболеваемости лиц «шумовых» профессий, недостаточная эффективность средств защиты от шума и мероприятий по профилактике шумовой патологии, негативное влияние шума на окружающую среду и население определяют продолжение исследований [1]. Научно-технический прогресс и внедрение новых технологий ведут к модернизации существующих и созданию перспективных образцов авиационной техники с повышенной энерговооруженностью, что обуславливает увеличение риска шумовой патологии [2, 3].

Цель статьи: показать особенности авиационного шума (АШ), неблагоприятное влияние его на окружающую среду и население.

Особенности авиационного шума

Основным источником АШ являются воздушные суда (ВС). Генерация шума происходит за счет работы основных и дополнительных авиационных

двигателей, компрессоров, кондиционеров, а также корпуса планера во время полета. При подготовке ВС к полету, взлете, наборе высоты доминирует шум двигателя, а при полете и посадке – аэродинамический шум за счет обтекания воздуха планера.

АШ имеет ряд особенностей. Он широкополосный, высокоинтенсивный, непостоянный, имеет инфразвуковую составляющую. Спектр АШ может иметь несколько максимумов, в зависимости от типа ВС, но в большинстве случаев он носит высокочастотный характер. Цикличность его действия не зависит от времени суток (дневное и ночное), но зависит от метеоусловий.

Экологические и социальные проблемы

В последние годы отмечается увеличение количества и мощности антропогенных источников шума, к которым относится наземный, воздушный и водный транспорт и др. Наличие в большинстве из указанных источников низких частот и инфразвука (ИЗ) способствует их распространению на большие расстояния. Это имеет большое значение для живой природы, поскольку различные виды животных и птицы используют акустические колебания в качестве средства биокommunikации. Несмотря на некоторое привыкание животных к техногенным источникам шума и ИЗ, отмечаются нарушения их физиологических, поведенческих и репродуктивных функций. Влияние шумового загрязнения на фауну изучено недостаточно полно. Во многом именно этим объясняется отсутствие федеральных экологических нормативов и стандартов допустимого акустического загрязнения окружающей среды. Снижение уровней шума и ИЗ, возникающих при эксплуатации технологических объектов, являющихся источниками высокоинтенсивного шума, до природных (фоновых) значений следует рассматривать как одно из важных направлений природоохранной деятельности [4, 5].

На территории РФ расположены 247 активно функционирующих аэропортов (без учета военных аэродромов), из которых 38 % расположены в черте населенных пунктов и оказывают вредное акустическое воздействие на население. Во многих регионах работа по контролю шума на селитебной территории не проводится [6]. К факторам, влияющим на шумовой режим населенных пунктов, относятся: расстояние от взлетно–посадочной полосы, частота полетов самолетов, типы самолетов, высота и скорость полета.

Особенно негативное влияние на акустическую обстановку территории жилой застройки, находящиеся в проекции взлета и посадки самолетов. При снижении самолетов по глиссаде образуется широкополосный низкочастотный шум с инфразвуковой составляющей, на что указывает максимум

уровня звукового давления (УЗД) в диапазоне 31,5–500 Гц. УЗД этого шума превышают предельно допустимый уровень в звуковом диапазоне от 125 до 8000 Гц (80 дБА). В области ИЗ УЗД были ниже предельно допустимый уровень (100 дБ Лин). Наиболее высокие УЗД образуются от самолетов ВВС (истребительной и дальней авиации). Независимо от типа самолета их спектры при посадке имеют сходство, что обусловлено преобладанием аэродинамического шума [7].

Максимальный уровень шума в жилых кварталах достигает 90–92 дБА, эквивалентный уровень – 75–85 дБА. Максимальная шумовая нагрузка в жилых районах вдоль трасс воздушных судов достигает 85–103 дБ А. Круглосуточное движение ВС создает акустические условия, при которых средние максимальные уровни значительно (на 10–20 дБА) превышают фоновые. В течение суток наименьшие почасовые эквивалентные уровни звука наблюдаются в период с 1.00 до 4.00 ч, наибольшие – с 7.00 до 18.00.

Доля обращений граждан на действие АШ в ряде субъектов РФ превышает 70 % от общего количества жалоб на воздействие физических факторов. Влиянию АШ в РФ подвергаются несколько миллионов человек. Люди предъявляют жалобы на нарушение сна, головную боль, шум в ушах, головокружение, тошноту, тахикардию, раздражительность, проблемы с концентрацией внимания и памятью, вибрацию грудной и брюшной стенок, что может быть причиной необоснованного чувства страха, и др. Среди населения выявлен рост общей и хронической заболеваемости. Отмечаются также более высокие показатели заболеваемости по классу болезней нервной системы (астеноневротический синдром, вегетососудистые нарушения) и сердечно-сосудистой системы (ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия) [8-11].

АШ вызывает чувство раздражения у гораздо большего числа обследуемых по сравнению с шумом от автомобильного и железнодорожного транспорта. Объяснением этому является наличие в спектре АШ высоких частот звукового диапазона и ИЗ [12, 13].

Повышенная акустическая нагрузка на население, проживающего вблизи аэродромов или в проекции взлета и посадки ВС, способствует росту социального напряжения вплоть до обращения в судебные инстанции. Наиболее напряженная обстановка в обществе отмечается в Челябинске, Воронеже, Москве, Перми [1, 7, 14].

В нашей стране нормирование АШ на территории жилой застройки, прилегающей к аэропортам, проводится в соответствии с ГОСТ 22283–2014 и СН 2.2.4/2.18.562–96, согласно которым необходимо учитывать два

параметра шума: эквивалентный и максимальный уровень шума. Рекомендациями ИКАО предусмотрен один параметр – эквивалентным уровнем шума для дневного времени 75 дБА и ночного времени 65 дБА.

Таким образом, обеспечение экологической безопасности и охраны здоровья населения от АШ требует решения ряда проблем:

- разработка федеральных экологических нормативов и стандартов допустимого акустического загрязнения окружающей среды;
- действующая для территории жилой застройки система нормирования для АШ в РФ нуждается в обновлении и разработки нового регламентирующего документа, учитывающего реалии и международный опыт;
- для каждого действующего аэродрома в обязательном порядке должны быть разработаны границы санитарно-защитной зоны и организован действующий мониторинг;
- проведение эпидемиологических исследований заболеваемости населения, проживающего на территории с превышением ПДУ для АШ, что позволит получить достоверные данные о роли АШ в формировании патологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жданько И.М., Шешегов П.М. Актуальные проблемы авиационной медицины по профилактике неблагоприятного действия шума // Системный анализ в медицине: материалы VIII междунар. науч. конф. Благовещенск. 2014. С.214-218.
2. Фундаментальные и прикладные аспекты профилактики неблагоприятного действия авиационного шума / И.М.Жданько, З В.Н.инкин, С.К.Солдатов и др. // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2014. Т. 48, № 4. С. 5-16.
3. Зинкин В.Н., Шешегов П.М. Современные проблемы шума в авиации // Проблемы безопасности полетов. 2014. № 6. С.3-25.
4. Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М., Орихан М.М. Инфразвук как вредный производственный фактор // Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 9. С.2-9.
5. Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М. Экологические, производственные и медицинские аспекты инфразвука // Защита от повышенного шума и вибрации: сб. докладов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. СПб., 2013. С. 177-198.
6. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2013 году: государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия, 2014. 191 с.
7. Авиационный шума и проблемы безопасности полетов / В.Н.Зинкин, С.К.Солдатов, С.П.Драган и др. // Проблемы безопасности полетов. 2013. № 5. С.3-12.
8. Почекаева Е.Е. Здоровье населения и гигиеническая безопасность территории, прилегающей к аэропортам: автореф. дис.... д-ра мед. наук. М., 2008. 47 с.
9. Экологические аспекты безопасности жизнедеятельности населения, подвергающегося действию авиационного шума / В.Н.Зинкин, А.В.Богомоллов, И.М.Ахметзянов и др. // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 3. С.97-101.

10. Медико-социальные аспекты безопасности населения, подвергающегося кумулятивному действию авиационного шума / В.Н.Зинкин, А.В.Богомолов, Ю.А.Кукушкин и др. // Экология промышленного производства. 2011. № 2. С.9-14.
11. Психологический статус рабочих, подвергающихся воздействию шума / И.В.Чубаров, В.Н.Зинкин, И.М.Ахметзянов и др. // Гигиена и санитария. 1999. № 2. С.16-19.
12. Кумулятивные медико-экологические эффекты сочетанного действия шума и инфразвука / В.Н.Зинкин, А.В.Богомолов, С.П.Драган и др. // Экология и промышленность России. 2012. № 3. С.46-49.
13. Особенности условий труда и заболеваемости инженерно-технического состава авиации / В.И.Свидовый, В.Н.Зинкин, С.К.Солдатов и др.// Профилактическая и клиническая медицина. 2006. № 2. С. 46-48.
14. Зинкин В.Н., Шешегов П.М. Современные проблемы шума в авиации // Проблемы безопасности полетов. 2014. № 5. С.3-25.

E-mail: zinkin-vn@yandex.ru

© 2015 **В.М. Катола**, канд. мед. наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

МНОГОЛЕТНИЕ ОТХОДЫ РУСЛОВОЙ ЗОЛОТОДОБЫЧИ И ИХ МИКРОНАСЕЛЕНИЕ

Описаны особенности структуры и геохимического состава старых хвостов (отвалов) шлихообогатительной установки Софийского золотоносного узла, численность, расселение и выживаемость в этих отвалах бактерий и плесневых грибов в зависимости от концентрации тяжелых металлов, в том числе антропогенной ртути.

Ключевые слова: тяжелые металлы, отходы золотодобычи, бактерии, плесневые грибы.

V.M. Katola

Institute of Geology and Nature Management FEB RAS, Blagoveshchensk

LONG-TERM WASTE OF GOLD MINING AND THEIR MICROPOPULATION

Features of structure and geochemical structure of old tails installations of the Sofia gold-bearing unit, number, moving and survival rate bacteria and mushrooms depending on concentration of heavy metals, including anthropogenous mercury are described.

Key words: heavy metals, waste of gold mining, a bacterium, плесневые mushrooms.

Введение. Не так давно для извлечения золота из россыпных месторождений использовалась ртуть. Загрязнив природную среду в долинах рек, она до сих пор представляет опасность для всех живых организмов. Наиболее токсичны ртутьорганические соединения, которые, попадая в кровь и ткани даже в ничтожных количествах, ингибируют активность свыше 100 ферментов, а ее пары сорбируются и аккумулируются в легких, мозге, почках, яичках и пр. Так, у рабочих, нарушающих технику безопасности во время реутилизации старых отвалов золотодобычи, ртуть депонируется (мг/л) в крови ($0,13 \pm 0,07$), волосах ($1,78 \pm 1,30$) и ногтях ($20,50 \pm 7,0$) [1]. Почти все тяжелые металлы в большой концентрации изменяют морфологию микроорганизмов, клеточный метаболизм, структуру нуклеиновых кислот, функции цитоплазматической мембраны и др. Но многие аспекты их действия изучены недостаточно полно. Например, не совсем понятно, каким же образом бактерии и грибы обитают в «зартученных» отходах золотодобычи.

Цель исследования – охарактеризовать старые отходы золотодобычи – хвосты шлихообогатительной установки (ШОУ) Софийского золотоносного прииска (Хабаровский край) и их условия, сохраняющие жизнедеятельность бактерий и плесневых грибов.

Методика. Взятые из различных мест хвостов ШОУ образцы объединяли в один, отмывали на качалке 0,1 М фосфатным буфером (рН 7,0-7,2), готовили серийные разведения от 10 до 100 тысяч и высевали на плотную среду Чапека для выделения чистых культур. Уровень химических элементов определяли на спектрофотометре фирмы *Hitachi* (Япония). В исследованиях использовалась электронная микроскопия.

Обсуждение результатов. Прежде всего укажем, что хвосты ШОУ являются экосистемой гипергенно измененной песчано- гравийно- галечной смеси с преобладанием оксидов Al_2O_3 , CaO , FeO , Fe_2O_3 , MnO , MgO , Na_2O , K_2O , SiO_2 , TiO_2 и др. В ней содержатся промышленные запасы (г/т) Au ($18,0 \pm 3,51$), Ag ($160,0 \pm 36,7$), Co ($56,0 \pm 6,00$), Cr ($3000,0 \pm 1204, 1$), Hg ($160,0 \pm 36,74$), Ni ($240,0 \pm 74,83$), Cu ($326,0 \pm 49,08$), Pb ($340,0 \pm 92,73$), Zn ($108,0 \pm 18,00$), As ($5800,0 \pm 800,2$) и других элементов, а также рудные и нерудные минералы. Среди них с трудом поддающиеся выветриванию гидроксид железа, магнетит, пирит, арсенопирит, касситерит, галенит, амфибол. Содержатся органический азот (0,037%) и углерод (2,17%), имеется гумус (3,74%). Водный рН хвостов ШОУ составляет 4,5. Тем не менее, в этой токсичной системе существуют и функционируют разные бактерии и плесневые грибы. Среднее число бактерий (*Bacillus*, *Staphylococcus*, *Micro-*

coccus, *Pseudomonas*, *Serratia*, крайне редко *Acidithiobacillus ferrooxidans*), вырастающих на питательных средах, составляет $1,5 \times 10^6$ КОЕ/1г. Число грибных зачатков *Penicillium* (50 штаммов), *Trichoderma* (16 штаммов) и *Mucor* (4 штамма) не превышает $6,2 \times 10^4$ КОЕ/г.

Создается впечатление, будто количество бактерий и грибов, обитающих в хвостах ШОУ, на порядки меньше, чем их численность в почвах. Однако это ложный эффект. Минералы имеют глубокие наросты, раковины, углубления, ямки, шрамы и двойниковые швы (рис. 1, а-г), в которых способны сохраняться бактерии, их некультивируемые формы, клетки гиф и конидии грибов, скапливаться вода и органические вещества.

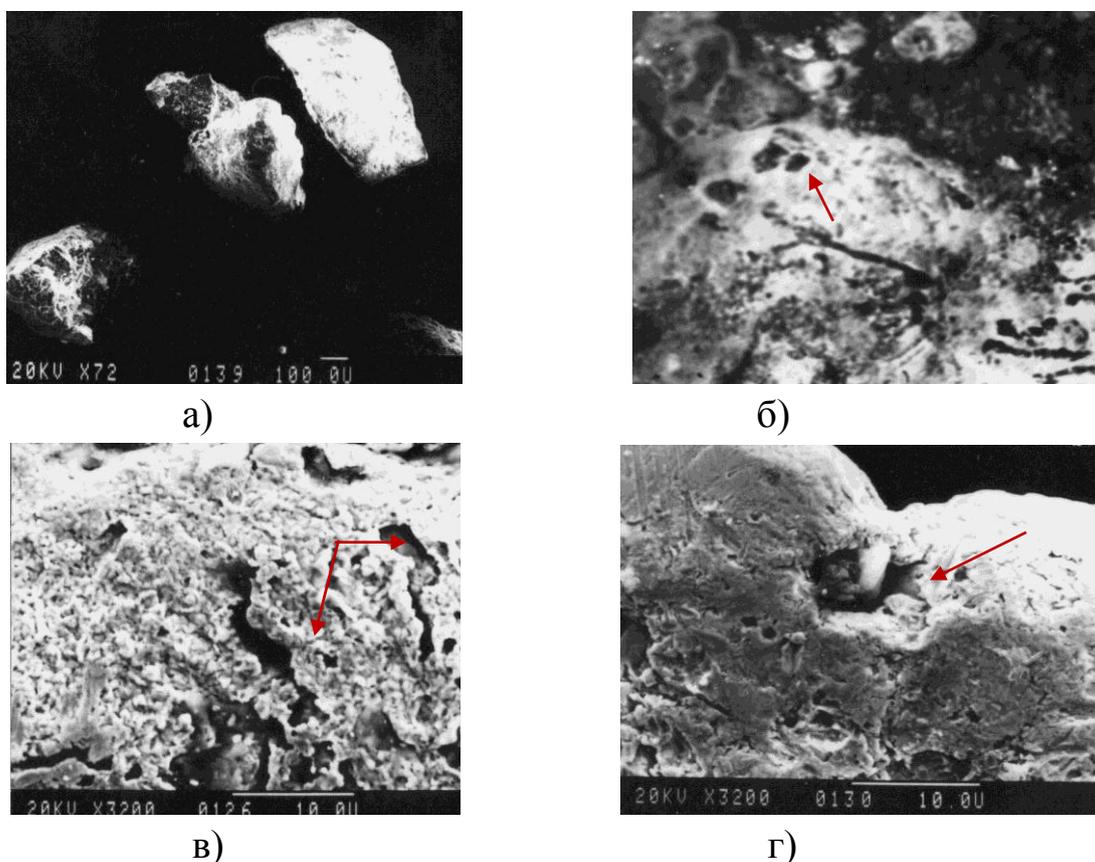


Рис. 1 – Сканирующая электронная микроскопия минералов хвостов ШОУ: а-б – отмеченные черными стрелками раковины, ямки и трещины в минералах (ув. $\times 72$ и 3000); в-г – отмеченные черными стрелками раковины в частицах золота (ув. $\times 3200$).

Чтобы выжить в токсичном биотопе микроорганизмы сразу же использует все свои адаптивные возможности, в первую очередь, приобретает металлорезистентность. Штаммы *P. canescens* стали устойчивыми (мг/л) к меди (1,0- 2,0), кобальту (0,25), хрому (0,5- 2,0), никелю (0,5- 1,0), цинку (0,125- 0,5) и свинцу (0,25- 2,0), сохранив чувствительность к кадмию. Бактерии не уступают грибам, но в опытах *in vitro*, по данным разных авторов,

их металлоустойчивость ингибируется (мкг/л) ртутью (8,0), хромом (128,0), медью (512,0) и др.

Резистентность бактерий и грибов к ТМ создает серьезную эпидемиологическую проблему. Во-первых, с такими штаммами сосуществуют возбудители брюшного тифа, сальмонеллез, холеры и пр. Во-вторых, часто возникает толерантность к антибиотикам. Следует отметить, что помимо бактерий и плесеней в хвостах ШОУ обитают различные виды дрожжевых грибов [2], биологические свойства которых еще не изучены.

Сопоставление содержания ТМ, в том числе ртути, с расселением бактерий и грибов позволило выделить в хвостах ШОУ несколько разновидностей (типов) биотопов или подсистем. Так, в 1-м типе присутствуют одни лишь природные токсиканты, включая ртуть в пределах ее ПДК; во 2-м типе регистрируется природная и антропогенная ртуть с суммарным количеством 100 г/т (большинство биотопов); в 3-м типе содержание ртути колеблется от 100 до 150 г/т (меньшая часть биотопов); в 4-м типе концентрация ртути в отдельных локусах составляет от 150 до 300 г/т, точнее, в местах ее разливов. В первых двух типах биотопов микробиоценоз состоит из ассоциаций бактерий и грибов, третий тип – сугубо индивидуальная экониша для плесневых грибов, четвертый тип – для отдельных представителей рода *Penicillium*. При высокой валовой концентрации ТМ экологические масштабы выживаемости бактерий в хвостах ШОУ предопределены тем, что: а) существуют под прикрытием металлорезистентных плесеней; б) большая часть химических элементов находится в виде нерастворимых соединений либо изоморфных примесей; в) присутствуют естественные сорбенты (органические вещества, оксиды железа, марганца, алюминия, глины и пр.), снижающих содержание ионов; г) ртуть постоянно перемещается с атмосферными осадками и глинистыми минералами в нижележащие слои, выносятся за пределы отходов и преобразуется в летучие формы; д) наличием дефектов в породах и минералах, в том числе золоте, где могут прятаться, функционировать и выживать клетки при неблагоприятных условиях – высыхании хвостов ШОУ и пр.

Выводы

1) Техногенные отвалы золотодобычи (хвосты ШОУ) представляют собою биокосные системы, где наряду с горными породами, минералами и солями тяжелых металлов, включая антропогенную ртуть, образуются биотопы с определенным составом микробиоценозов;

2) Численность выделенных из хвостов ШОУ бактерий и плесневых грибов не отражает их реальное количество, поскольку разные их формы

способны сохраняться в наростах, раковинах, углублениях, ямках, шрамах нерудных и рудных минералов, в том числе золотин;

3) Высокая валовая концентрация тяжелых металлов в отходах золотодобычи способствует развитию металлоустойчивости бактерий и плесневых грибов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Катола В.М., Радомская В.И., С.М. Радомский С.М. Влияние ртути техногенных отвалов и рабочей зоны золотодобычи на биологические объекты // Сибирский экологический журнал. 2006. № 3. С. 353- 357.
2. Катола В.М. Морфофункциональные особенности бактерий и микромицетов, вегетирующих в старых отходах золотодобычи // Бюл. физиол. и патол. дыхания. 2014. Вып.53. С. 109- 113.

E-mail: katola-amur@list.ru

© 2015 **В.М. Катола**, канд. мед. наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ОТХОДОВ ЗОЛОТОДОБЫЧИ, РЕАКЦИЯ БАКТЕРИЙ И ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ

Показано, что непосредственно в отходах золотодобычи – старых хвостах шлихообогатительной установки Софийского золотоносного узла в период увлажнения бактерии и плесневые грибы находятся в своем естественном состоянии. При высыхании биотопа бактерии переходят в некультивируемые формы с образованием биопленки, мицелий плесневых грибов отмирает, но поверхность гиф покрыта адсорбатом.

Ключевые слова: отходы золотодобычи, бактерии, плесневые грибы.

V.M. Katola

Institute of Geology and Nature Management FEB RAS, Blagoveshchensk

WATER MODE OF WASTE OF GOLD MINING, REACTION BACTERIA AND MUSHROOMS

It is shown, that is direct in waste of gold mining - old tails installations of the Sofia gold-bearing unit during humidifying a bacterium and mushrooms are in the natural condition. At drying locus bacteria pass in not cultivated forms with formation of a biofilm, mushrooms dies off, but the surface a gif is covered particles.

Key words: waste of gold mining, a bacterium, mushrooms.

Введение. При добыче полезных ископаемых на земную поверхность выносятся горные породы и слагающие минералы, давно исключенные из непрерывного и циклического круговорота химических веществ во времени и пространстве. Под воздействием физических (колебания температуры), химических (вода, углекислый газ и кислород) и биологических (бактерии, грибки, вирусы, низшие и высшие растения) факторов происходит их выветривание (разрушение) с экстракцией рудных элементов. Наиболее интенсивную деструкцию пород и минералов проводят таксономические группы аэробных и анаэробных бактерий и плесневых грибов, обитающих в почвах, разных месторождениях, поверхностной и подземной воде и донных отложениях. Для этого они синтезируют и выделяют в среду агрессивные метаболиты – ферменты, цианиды, перекиси, минеральные серную и азотную кислоты, органические кислоты (лимонная, уксусная, муравьиная, малоновая и др.), аминокислоты, белки, пептиды и пр.[2, 3].

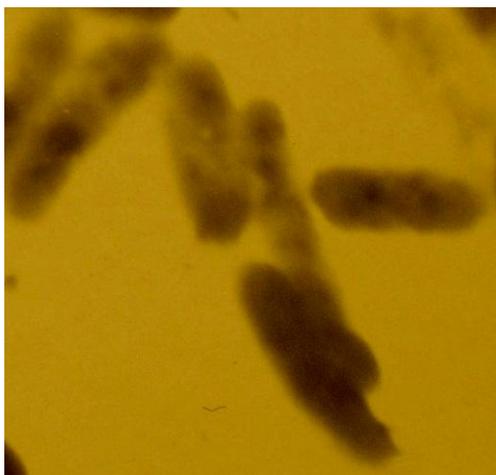
Цель исследования. С помощью электронной микроскопии изучить морфологию бактерий и плесневых грибов непосредственно в отходах золотодобычи, конкретней, в старых хвостах шлихообогатительной установки (ШОУ) Софийского золотоносного прииска (Хабаровский край) в период их увлажнения и высыхания.

Методика. К торцу предметного столика электронного микроскопа прикрепляли ленту с липкой верхней поверхностью, прикасались ею к образцам ШОУ и получали препараты-отпечатки. После просушивания их напыляли углеродом в вакуумной установке ВУП-4 и просматривали в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) LEO 1420 (Германия). Параллельно образцы отмывали на качалке 0,1 М фосфатным буфером (рН 7,0-7,2), после чего 0,1 мл наносили на сеточки с формваровой подложкой и исследовали в просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) TESLA BS 500.

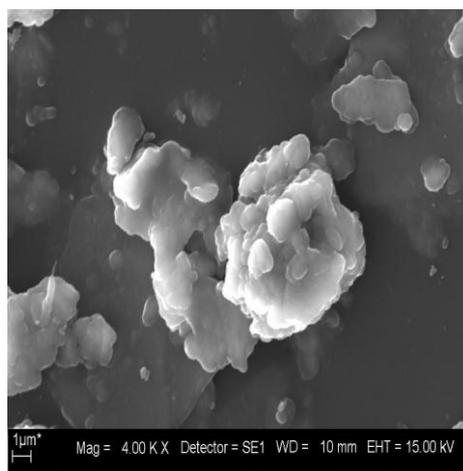
Обсуждение результатов. Несмотря на то, что в хвостах ШОУ сосредоточены огромные запасы тяжелых металлов, включая техногенную ртуть, их заселяют различные микроорганизмы, которые визуализируются электронной микроскопией [1]. При этом морфология бактерий и плесневых грибов изменяется в соответствии с циклом «увлажнение - высыхание», закономерно происходящего в хвостах ШОУ и прочих горнорудных отходах. Во время дождей, ливней и таяния снега вода, фильтруясь через горные породы и минералы, модифицирует их физико-химические признаки. В первую очередь, вымывает из них подвижные и водорастворимые *Co*, *Cr*, *Cu*, *Cd*, *Fe*, *Mn*, *Ni*, *Pb* и *Zn*, которые воздействует на биологические свой-

ства микробиоты. Тем не менее, при увлажнении среды обнаружены некоторые особенности:

- а) морфология бактерий и грибов сохраняется в естественном виде;
- б) среди бактерий чаще встречаются палочковидные клетки, причем, без адсорбата (органоминеральные частицы) на клеточной стенке (рис. 1, а);
- в) конидии плесневых грибов набухают, прорастают и образуют гифы (рис. 1, в). Но в отличие от бактерий на их поверхности уже появляются единичные электронноплотные частицы.



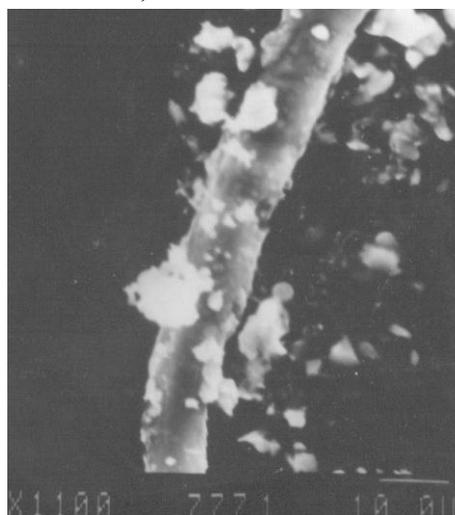
а)



б)



в)



г)

Рис. 1 – Электронная микроскопия бактерий и плесневых грибов непосредственно в хвостах ШОУ во время их увлажнения и высыхания: а – палочковидные бактерии при увлажнении биотопа (ПЭМ, ув. $\times 3000$); б – фрагменты биопленки и элементарные тельца при высыхании хвостов ШОУ (СЭМ, ув. $\times 7000$), в – развивающиеся в хвостах ШОУ гифы плесневых грибов (СЭМ, $\times 1000$); г – фрагмент гифы с органоминеральными частицами на поверхности при высыхании биотопа (СЭМ, ув. $\times 1100$).

Однако обводнение хвостов ШОУ сменяется периодами высыхания, хотя давно доказано, что пород, не содержащих даже малого количества воды, в природе не существует. Благодаря своей высокой подвижности (текучести) вода вместе с газами и паром занимает все поры и трещины в горных породах и находится либо в свободном, либо связанном состояниях. Свободная вода обладает свойствами обычной воды и под действием силы тяжести легко перемещается. Связанная же вода мало подвижна, более того, ее структура, плотность, вязкость и другие свойства изменяются, поэтому она микроорганизмами не усваивается. Очень важным количественным показателем доступности воды является водная активность (*A_w- water activity*). Для большинства бактерий ее пороговое значение не должно быть ниже 0,95-0,90, для плесневых и дрожжевых грибов – 0,85-0,65. За пределами этих значений их рост замедляется и прекращается. При низкой водной активности бактерии переходят в не культивируемое состояние, формируют биопленку с элементарными тельцами L-трансформированных клеток (рис. 1, б). Мицелий же плесневых грибов постепенно истончается, уплощается и отмирает. При этом на поверхности его фрагментов визуализируются скопления органоминеральных частиц различной раздробленности (рис. 1, г). По нашему мнению, они свидетельствуют о том, что именно в увлажненном биотопе осуществляется геохимическая функция – бактерии и плесени своими метаболитами разрушают горные породы и минералы, синтезируют новые минералы, рассеивают химические элементы, депонируют их в клетке и т.д. При увлажнении или высыхании биотопа бактерии и грибы во множестве переносятся ветром, дождевыми потокам, дикими животными и прочими факторами из одного места в другое, в том числе в реки, ручейки, природные и искусственные водоемы. При дыхании, приеме пищи и с питьевой водой они попадают в организм человека, вызывая далеко идущие последствия.

Выводы

1) В отходах золотодобычи (хвосты ШОУ) обитают бактерии, чаще палочковидной формы, и плесневые грибы; 2) Их морфология изменяется в зависимости от водного режима в биотопе: при достаточном доступе воды морфология микроорганизмов соответствует их естественному состоянию, при высыхании биотопа бактерии переходят в не культивируемое состояние с образованием биопленки, мицелий грибов, в отличие от бактерий, отмирает и несет на поверхности органоминеральные частицы (адсорбат).

ЛИТЕРАТУРА

1. Катола В.М. Морфофункциональные особенности бактерий и микромицетов, вегетирующих в старых отходах золотодобычи // Бюл. физиол. и патол. дыхания. 2014. Вып.53. С. 109- 113.
2. Gadd G.M., Griffiths A.J. Microorganisms and heavy metal toxicity // J. Microb.Ecol. 1978. № 4. P. 303-317.
3. Burgstaller W., Schinner F. Leaching of metals with fungi (Minireview) // J. of Biotechnology. 1993. № 27. P. 91-116.

E-mail: katola-amur@list.ru

© 2015 **В.М. Катола**, канд. мед. наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

**ПРИЧИНЫ ПОПАДАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В
ВОДОПРОВОДНУЮ ПИТЬЕВУЮ ВОДУ**

При выращивании плесневого гриба *Penicillium canescens* в присутствии отходов золотодобычи тяжелые металлы проникают и накапливаются во всех структурных звеньях клетки, включая ядро. При этом одни клетки гибнут от плазмолиза, другие аккумулируют металлы в виде дисперсных частиц (адсорбата) преимущественно на клеточной стенке, ее поверхностном слое, цитоплазматической мембране и межклеточных септах.

Ключевые слова: тяжелые металлы, вода, водоподготовка, внутриклеточные структуры, электронная микроскопия.

V.M. Katola

Institute of Geology and Nature Management FEB RAS, Blagoveshchensk

REASONS FOR EXPOSURE OF HEAVY METALS IN WATER DRINKING WATER

When growing mold fungus *Penicillium canescens* in the presence of heavy metals, gold wastes penetrate and accumulate in all structural units of the cell, including the nucleus. While some cells die by plasmolysis, other metals accumulate in the form of dispersed particles (the adsorbate) predominantly on the cell wall, its surface layer, the cytoplasmic membrane and intercellular sept.

Key words: heavy metals, water, water treatment, intracellular structures, electron microscopy.

Введение. Несмотря на большое число способов водоподготовки [1], полного извлечения тяжелых металлов (ТМ) из воды не происходит. Так, в питьевой воде из-под крана и колонок Благовещенска (Амурская область) содержатся (мг/л) *Fe* (0,17), *Cu* (0,003), *Co* (0,0018), *Mn* (0,029), *Ni* (0,05), *Cr* (0,001), *Pb* (0,004), *Zn* (0,007) и *Hg* (0,0001) [2]. Считается, что наличие ТМ в питьевой воде зависят от особенности факторов, формирующих химический состав воды, использования давно устаревших технологий, оборудования и материалов и пр. Однако не следует забывать о не менее важной причине – переносе ТМ из отходов горнорудной промышленности, цветной и черной металлургии и прочих объектов на носителе, который может преодолевать систему фильтрации воды с размером ячеек фильтра 1, 0 мкм, даже меньше. Таким биологическим носителем способны быть измененные клетки и фрагменты бактерий и плесневых грибов, прежде всего, их субклеточные структуры.

Цель исследования. С помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) *TESLA BS 500* исследовать накопление и распределение ТМ в структурах плесневого гриба *Penicillium canescens*.

Методика. В течение 5-6 суток *P. canescens* культивировали в глубине жидкой питательной среды Чапека в присутствии образцов, взятых из хвостов шлихообогадительной установки (ШОУ) Софийского золотоносного узла (Хабаровский край), содержащих огромные запасы ТМ.

Обсуждение результатов. К указанному сроку в среде скапливаются продукты обмена гриба (белки, полипептиды, органические и нуклеиновые кислоты и пр.) и ее *pH* понижается от нейтрального (7,0) до слабокислого (5,0). При таких его значениях из минерального субстрата выносятся в раствор рудные элементы, которые вступают в химическую связь между собой, с анионами и катионами среды и метаболитами. В итоге металлы *Cd*, *Co*, *Cr*, *Cu*, *Ni*, *Pb*, *Zn* и др. формируют новые минералы, растворимые и нерастворимые металлоорганические соединения. Под влиянием отмеченных событий культуральная среда Чапека постепенно превращается в токсичный раствор с дефицитом трофических веществ, накоплением метаболитов и новообразований. Чтобы выжить в токсичной закрытой системе, *P. canescens* вынужден использовать свои адаптивные возможности. На рис. 1-а показана аккумуляция металлов, солей и комплексных соединений в межгифальном матриксе, на поверхности гиф и конидий в виде электронноплотных частиц неодинаковой раздробленности, стремящихся к объединению в адсорбат сложного состава. Как представляется, его образование в

определенной мере понижает относительное содержание и токсичность ТМ в инкубационном растворе, тем самым обеспечивается более длительная жизнедеятельность клеток. Главное, сходные обрывки гиф с полиморфными частицами на поверхности нами постоянно обнаруживаются непосредственно в хвостах ШОУ в период их высыхания. В то же время реакция внутриклеточных структур *P. canescens* на ТМ оставалась неясной.

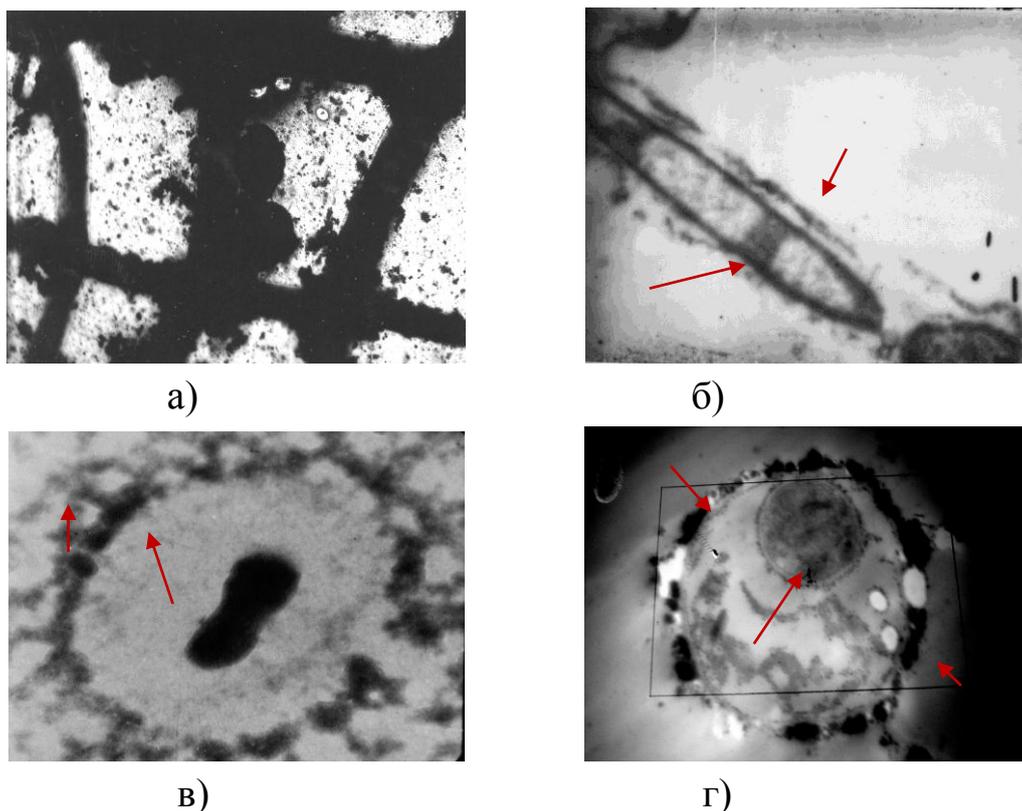


Рис. 1 – Просвечивающая электронная микроскопия плесени *Penicillium canescens*: а) – электронноплотные частицы и их конгломераты в межгифальных промежутках, на поверхности гиф и конидий (ув. $\times 3000$); б) – фрагмент гифы с отслоившимся поверхностным слоем (отмечен короткими черными стрелками), оставшимися слоями и отмеченные длиной черной стрелкой межклеточные септы (ультрасрез, ув. $\times 9000$); в) – короткой черной стрелкой отмечены ломасомы с нечеткими контурами, длиной черной стрелкой – цитоплазматическая мембрана, в центре – деформированное ядро (ультрасрез, ув. $\times 30000$); г) – длиной черной стрелкой отмечено круглое ядро, короткой черной стрелкой – крупный адсорбат на клеточной стенке (ультрасрез, ув. $\times 22000$).

По форме и размеру клетки каждой гифы плесневых грибов разнообразны, тогда как по набору структур одинаковы. Морфологию их можно увидеть на срезах клетки толщиной 500-900 Å лишь в электронном микроскопе. Причем, с усилением их контрастности через напыление солями Ag, Cd, K, Mn, Pb, Zn, W и др. В настоящей работе напыления срезов не требовалось, поскольку экстрагированные из хвостов ШОУ ионометаллы сразу

же проникают внутрь клеток, пропитывают и уплотняют их структуры и обеспечивают хорошую визуализацию. Из рис. 1-б видно, что из четырех слоев клеточной стенки (КС) самым пластичным и «чувствительным» к металлам является поверхностный слой. Представляя собою мембрану толщиной 0,1 мкм, он насыщается ими, утолщается до 0,3-0,5 мкм, расслаивается и фрагментами отторгается от подлежащих слоев. Но по мере продвижения ионометаллов внутрь клеток четкость других структурных составляющих уменьшается в зависимости от стадии развития клетки, толщины границ между ее органеллами и пр. Так, не видны митохондрии, аппарат Гольджи и рибосомы.

Слабее контрастируются расширенные (в среднем до 0,6 мкм) с не всегда четкими контурами лисосомы (рис. 1, в) и эндоплазматическая сеть. По сравнению с ними цитоплазматическая мембрана просматривается более четко. Она утолщается до 0,3 мкм и местами на поверхности формирует органоминеральные конгломераты (рис. 4). Особое внимание обращают межклеточные перегородки (септы). Они не только хорошо различимые, но и неестественно расширенные (до 10 мкм). На фоне контрастированных металлами структур компоненты клеточной цитоплазмы (вода, электролиты, глюкоза, белки и др.) не видимы. Впрочем, проникших ионометаллов оказалось достаточно, чтобы у некоторых клеток нарушились электролиты, ферментные и прочие системы, потерялся тургор и развился плазмолиз. Как правило, уплощение и гибель клетки характерно для выпуклого плазмолиза, меньшая опасность присуща уголкового варианту. Своеобразно реагирует на металлы клеточное ядро – у одних клеток оно инкрустируется металлами и деформируется, у других клеток часть металлов задерживается на ядерной мембране в виде нежного адсорбата, другая часть проникает через ее поры, возможно разрывы, внутрь ядра (рис. 1, в-г).

Таким образом, ионометаллы, удаленные из хвостов ШОУ *P. canescens*, проходят через клеточные преграды и связываются со всеми структурными звеньями клеток, включая ядро. Именно эти клеточные структуры и их фрагменты являются прямыми переносчиками ТМ.

Выводы

1) Из-за своих малых размеров части клеток плесневых грибов, нагруженные ТМ, пропускаются фильтрующими системами в процессе водоподготовки;

2) Попадая с питьевой водой в организм человека, такие переносчики ТМ могут вызывать дисфункции органов и систем, повышать сенсibiliза-

цию к другим поллютантам и природным веществам, влиять на общую заболеваемость населения и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник. Водоподготовка / под. ред. С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007.
2. Катола В.М. Токсичные металлы в окружающей среде Благовещенска // Экол. и пром. России. 2010. № 3. С. 27-29.

E-mail: katola-amur@list.ru

Н.В. Трухачева, канд. пед. наук, **Г.В. Грибова**, канд. пед. наук,
Н.П. Пупырев, канд. пед. наук

Алтайский государственный медицинский университет, Барнаул

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ КУРСА МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКИ: СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

Проведен анализ содержания курса медицинской информатики на факультетах Алтайского государственного медицинского университета с позиций системного подхода, выявлены недостатки методического, содержательных аспектов и намечены пути совершенствования содержания.

Ключевые слова: Медицинская информатика, студенты, профессиональное образование, самостоятельная работа, преподавание, методика, содержание.

N.V. Trukhacheva, G.V. Gribova, N.P. Pupyrev

Altay State Medical University, Barnaul

THE EVALUATION OF THE COURSE CONTENTS OF MEDICAL INFORMATICS: SYSTEM APPROACH

The analysis of the contents of the medical informatics course at faculties of Altay State Medical University was done with the view of the system approach; the drawbacks of methodic and contents aspects were identified; the ways to improve the contents are suggested.

Key words: medical informatics, students, professional education, self-guided work, teaching, methodology, contents.

Введение

Содержание обучения один из важных компонентов процесса подготовки специалистов любого профиля. Если неправильно определено содержание обучения, то невозможно обеспечить хорошее качество подго-

товки специалистов, несмотря на эффективные формы, методы и средства обучения, эффективную технологию обучения. Квалифицированное, грамотное формирование содержания обучения является залогом успешной подготовки специалистов и высокого уровня образованности выпускников медицинских вузов [1, 2].

В настоящее время активно идет проектирование содержания образования в соответствии с новыми федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования (ФГОС ВО). Главный принцип, положенный в основу проектируемой программы, это последовательная реализация системного подхода к определению будущих результатов обучения, модернизация самого образовательного процесса и разработка способов и методов оценки результатов обучения [3].

Вариант программы по медицинской информатике ориентированный на ФГОС ВПО 3, вызвал значительные изменения в структуре преподавания и учебно-методическом обеспечении дисциплины «Медицинская информатика». Возник крен в сторону изучения офисных программ. Это, безусловно, находит свое отрицательное отражение в качестве преподавания дисциплины. Как справедливо указывают Н.В.Трухачева, и др. [4], авторы некоторых учебников называют учебник «Медицинская информатика», но на самом деле, посвящают изучению офисных программ.

Следует заметить, что в педагогической литературе известны различные подходы формирования содержания курса медицинской информатики. В диссертации Трухачевой Н.В. описан программно-целевой подход [5]. При разработке содержания курса медицинской информатики авторы статьи опирались на системный и контекстный подходы [6].

В настоящее время профессионализация содержания представляет собой междисциплинарный подход к пониманию, описанию и управлению профессиональным развитием специалистов разных направлений.

Наиболее существенными проблемами формирования содержания теоретической и практической подготовки по медицинской информатике авторы считают следующие:

1. Определение состава и объем необходимых и достаточных компетенций для выполнения профессиональной деятельности;
2. Определение состава и объемов практических знаний, нужных для формирования заданных компетенций;
3. Определение оптимального соотношения времени для формирования выявленного состава умений;

4. Определение состава и объемов самостоятельной работы студентов при освоении дисциплины.

При этом возможны десятки разнообразных вариантов сочетаний, которые могут предусматривать разные наборы тем лекций и практик, разные объемы их содержания.

Методы исследования.

Был проведен сравнительный анализ литературы, проектов Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования, рабочих программ, учебных планов по медицинской информатике в разные годы.

Для реализации требований стандартов ФГОС ВО на кафедре физики и информатики АГМУ разработана анкета и проведено анкетирование, целью которого было получение оценок со стороны обучающихся по следующим проблемным направлениям преподавания курса «Медицинская информатика»:

- содержание образования;
- организация учебного процесса;
- предпочитаемое студентами соотношение времени для формирования заявленного состава компетенций;
- состав и объем самостоятельной работы студентов;
- работа преподавателей лекторов и практиков.

Все вопросы этих разделов однотипные и предполагают выбор единственной оценки по 5-ти бальной шкале одного из предложенных качеств преподавателя.

В качестве респондентов выступили студенты 1 курса лечебного и 2 курса педиатрического факультетов АГМУ, завершающие изучение дисциплины «Медицинская информатика» в первом семестре 2014-2015 учебного года, всего 381 человек.

Результаты исследования.

Анкета состоит из трех блоков: оценка дисциплины в целом, оценка преподавателя-лектора, оценка преподавателя-практика. В первом блоке содержится 14 типов вопросов: варианты множественного выбора, ранжирование предложенных позиций по 5-ти бальной шкале, открытые вопросы, предполагающие высказывание собственного мнения.

Для целей нашего исследования авторами выполнен анализ первого раздела анкеты. Результаты представлены в таблице 1. На основе данных таблицы 1 можно сделать вывод о том, что студенты ориентированы на

изучение именно информационных технологий и моделирования в медицине.

Таблица 1.

Факультет	Кибернетика и информатика	Свойства информации. Кодирование информации.	Моделирование в биологии и медицине.	Применение компьютерной техники в медицине и здравоохранении	Медицинская статистика.	Медицинская информация. Классификация и кодирование в медицине.	Медицинские информационные системы.	Базы данных в МИС.	Автоматизация здравоохранения. Концепция ЕГИСЗ.	Сетевые технологии в МИС
Педиатрический	13%	17%	40%	38%	37%	43%	33%	57%	32%	29%
Лечебный	20%	9%	43%	38%	28%	38%	43%	45%	25%	25%

Заключение

Проведённое исследование позволяет сделать вывод о том, что в курсе медицинской информатики необходимо учить студентов решать конкретные задачи с помощью соответствующих прикладных программ, а не изучать офисные программы. Врачи для их работы в клинике, практики, исследований и обучения нуждаются в медицинской информатике. Для формирования необходимых компетенций введены новые ФГОСы. Это создаёт основу для дискуссии как можно лучшим образом внедрить в медицинское образование новые требования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисова Н.В., Кузов В.Б. Технологизация проектирования и методического обеспечения компетентностно-ориентированных учебных программ дисциплин\модулей, практик в составе ООП ВПО нового поколения»: методические рекомендации для организаторов проектных работ и профессорско-преподавательских коллективов вузов. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2010. 52 с.
2. Системное проектирование и обоснование компетентностно-ориентированных ООП ВПО, реализующих требования ФГОС ВПО: установочные организационно-методические материалы тематического семинарского цикла / авт.-сост. Н.А.Селезнева, Р.Н.Азарова, Н.М.Золотарева, В.Г.Казанович. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2010. 54 с
3. Использование результатов обучения при проектировании образовательных про-

- грамм УРФУ / О.И. Ребрин, 2012. Екатеринбург: ООО «Издательский Дом «Ажур», 2012. 24 с
4. Трухачева Н.В., Шайдук А.М., Пупырев Н.П. Что такое медицинская информатика? // Известия Алтайского государственного университета. 2014. №2/1(82). С. 30-34.
 5. Трухачева Н.В. Программно-целевое моделирование дисс. ... канд. пед. наук: 13.00.01. Алтайский государственный медицинский университет. Барнаул, 1996. 228 с.
 6. Вербицкий А.А. Актуальное обучение в высшей школе: контекстный подход. М., «Высшая школа», 1999.

E-mail: tn10@mail.ru

© 2015 г. **Ю.А. Кукушкин**, д-р техн. наук;
Д.А. Никифоров, канд. мед. наук; **А.А. Ворона**, д-р мед. наук
*Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил
МО РФ, Московская область, г. Щелково*

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЗДОРОВЬЯ ЛЕТЧИКА

Изложена методика автоматизированной диагностики профессионального здоровья летчика, позволяющая выявлять факторы, негативно влияющие на функциональную надежность его профессиональной деятельности, обеспечивая своевременное принятие мер по их устранению.

Ключевые слова: функциональная надежность летчика, профессиональное здоровье летчика, авиационная медицина, медицинская информатика.

Yu.A. Kukushkin, D.A. Nikiforov, A.A. Vorona
*Central Scientific and Research Institute of Military Air Forces of RF Defense Ministry,
Moscow region, Shchelkovo*

THE METHODOLOGY OF AUTOMATED DIAGNOSTICS OF PILOT'S PROFESSIONAL HEALTH

The methodology of automated diagnostics of the professional health of a pilot is described; it allows to identify the factors which negatively influence the functional reliability of his professional activity and provides in-time measures to eliminate them.

Key words: functional reliability of a pilot, professional health of a pilot, aviation medicine, medical informatics.

Профессиональная деятельность летчика протекает в условиях постоянного высокого риска, большой информационной загруженности и необходимости в осложненной (экстремальной) полетной ситуации принимать решения и выполнять определенные действия в условиях дефицита времени. Важным компонентом надежности деятельности являются возможности организма летчика, характеризуемые профессиональным здоровьем (ПЗ) [2-5].

В основу принципиального подхода к диагностике здоровья летного состава положена концепция профессионального здоровья, сформулированная академиком В.А.Пономаренко. Согласно этой концепции, профессиональное здоровье – способность организма сохранять компенсаторные и защитные свойства, обеспечивающие профессиональную надежность и работоспособность во всех условиях трудовой деятельности [3]. ПЗ определяется на основании объединения результатов исследования трех его компонентов – клинического статуса, функциональной устойчивости, профессионально важных психических и психофизиологических качеств [1, 3, 5, 6].

Такая структура функциональных компонентов ПЗ имеет четкий «профессиональный» характер, поскольку объединяет методы исследования состояния функциональных систем, в значительной степени определяющих способность организма сохранять заданные компенсаторные и защитные механизмы, необходимые для обеспечения работоспособности во всех условиях профессиональной деятельности летчика

В клинический статус в качестве структурно-функциональных элементов более низкого уровня иерархии включены:

- анамнестический статус, определяемый по заключению последней врачебно-летной комиссии (ВЛК);
- антропометрический статус, оцениваемый по росто-весовым характеристикам;
- психоэмоциональный статус, оцениваемый по результатам выполнения теста «Самочувствие-Активность-Настроение» (тест «САН»);
- статус сердечно-сосудистой системы, определяемый по пульсу, систолическому, диастолическому и пульсовому артериальному давлению.

Функциональная устойчивость оценивается по результатам выполнения:

- модифицированной пробы Руфье,
- пробы Штанге,
- пробы Генча.

Пробы Штанге и Генча используют для исследования резервных возможностей функции внешнего дыхания, а пробу Руфье - для исследования работоспособности и функциональных резервов сердечно-сосудистой системы в ответ на воздействие дозированной физической нагрузки.

В соответствии с концепцией профессионально важных качеств (ПВК), выделяют пять их блоков: личностные, интеллектуальные, психофизиологические, физиологические и физические.

Для учета в оценке ПЗ летчика отобраны ПВК, в наибольшей степени отражающие его потребные характеристики:

- для личностных ПВК: уровень мотивации;
- для интеллектуальных ПВК: пространственные способности, внимание и память;
- для физических ПВК: общефизические качества (сила, быстрота, выносливость) и специальные физические качества (статическая силовая выносливость).

Для исследования уровня мотивации используется мотивационная анкета для летчиков «Оценка факторов службы» (автор – В.И.Савченко). В этой анкете летчик выражает свое отношение к ряду причин и утверждений, способных оказывать отрицательное влияние на удовлетворенность профессией. Обследуемый отмечает степень выраженности своего отношения к представленным утверждениям по семибалльной шкале. Итоговым показателем, характеризующим уровень летной мотивации, является средний мотивационный балл, получаемый по результатам ответов на все вопросы.

Оценку пространственных способностей дают по результатам выполнения восьмого субтеста методики исследования особенностей мышления (МИОМ-8, «Кубы»).

Внимание и оперативную память оценивают с помощью теста «черно-красная таблица».

Уровень развития общефизических качеств позволяет судить об общей неспецифической устойчивости летчика к неблагоприятным факторам летного труда. Оценки за выполнение упражнений на силу, быстроту и выносливость берут из индивидуальной карточки учета по физической подготовке по результатам проведения последнего контрольного занятия.

Уровень развития специальных физических качеств свидетельствует о специфической устойчивости летчика к конкретным факторам полета: пилотажной перегрузке, вибрации, укачиванию и др. Для исследования статической силовой выносливости профессионально значимых групп мышц

отобраны три упражнения, не требующие для их выполнения специального спортивного инвентаря или тренажеров: удержание туловища лицом вверх и лицом вниз и удержание положения полуприседа.

Оценка ПЗ является агрегативным (обобщенным, интегральным) показателем, синтез которого осуществляется по иерархической схеме.

Верхним уровнем иерархии являются интегральный показатель – оценка ПЗ. Следующий уровень иерархии формируется из показателей непосредственно связанных с верхним уровнем (описанные компоненты ПЗ), нижний уровень – первичные показатели. Показатели, используемые на различных уровнях иерархии, имеют различную значимость (важность, вес) при вычислении значений показателей вышестоящего уровня иерархии.

Для определения коэффициентов важности (весов) агрегируемых показателей использован метод анализа иерархий, реализованный с привлечением 11 экспертов (авиационные врачи, имеющие значительный опыт службы на медицинских должностях в частях ВВС и военные летчики 1 класса, занимающие должности от командира эскадрильи до командира базы).

Схема процедуры экспертизы предусматривала отсутствие взаимодействия между экспертами и включала: статистический анализ согласованности оценок экспертов в экспертных группах; отбор экспертов, удовлетворяющих требованиям согласованности их оценок с экспертной группой. Дополнительно применяли логические продукционные правила, обеспечивающие коррекцию оценок интегральных показателей вышестоящих уровней иерархии, вплоть до самого верхнего – целевого (ПЗ).

Разработанная методика верифицирована по результатам обследования 60 летчиков. Она позволяет количественно характеризовать структурно-функциональные компоненты ПЗ летчика, тем самым выявить факторы, негативно влияющие на функциональную надежность его профессиональной деятельности и своевременно (упреждающе) принимать меры по их устранению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов А.В., Гридин Л.А., Кукушкин Ю.А., Ушаков И.Б. Диагностика состояния человека: математические подходы. М.: Медицина, 2003. 464 с.
2. Козлов В.В. Теория и практика расследования авиационных событий, связанных с действиями пилота (специалиста) // Проблемы безопасности полетов. 2015. № 3. С. 26-48.
3. Пономаренко В.А. Концепция профессионального здоровья и перспективы практики военной авиационной медицины // Военно-медицинский журнал. 2006. Т. 327. № 7. С. 63-66.

4. Ушаков И.Б., Богомолов А.В. Информатизация программ персонифицированной адаптационной медицины // Вестник Российской академии медицинских наук. 2014. № 5-6. С. 124-128.
5. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Гридин Л.А., Кукушкин Ю.А. Методологические подходы к диагностике и оптимизации функционального состояния специалистов операторского профиля. М.: Медицина, 2004. 144 с.
6. Шибанов Г.П. Анализ взаимодействия компонентов системы "летчик-летательный аппарат-среда" // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2012. №4. С. 3-8.

E-mail: kukushkinya@gmail.com

© 2015 г. **Д.А. Никифоров**, канд. мед. наук;
А.А. Ворона, д-р мед. наук; **Ю.А. Кукушкин**, д-р техн. наук
*Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил
МО РФ, Московская область, г. Щелково*

МЕТОДИКА КВАЛИМЕТРИИ ЖИЗНИ И УСЛОВИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЕТНОГО СОСТАВА

Разработаны и валидизированы опросники и методический аппарат квалиметрии жизни и условий профессиональной деятельности летного состава, позволяющие количественно оценить соответствие этих понятий требованиям, предъявляемым к летчику его профессией.

Ключевые слова: квалиметрия жизни, авиационная гигиена, медицинская информатика, психодиагностика.

D.A. Nikiforov, A.A. Vorona, Yu.A. Kukushkin
*Central Scientific and Research Institute of Military Air Forces of RF Defense Ministry,
Moscow region, Shchelkovo*

METHODOLOGY OF QUALIMETRY OF LIFE AND CONDITIONS OF THE PROFESSIONAL ACTIVITY OF AIR STAFF

The questionnaires and methodological aspects of the qualimetry of life and conditions of the professional activity of the air staff are developed and validated; they allow to evaluate quantitatively the correspondence of these notions to the demands made to the pilot and his profession.

Key words: qualimetry of life, aviation hygiene, medical informatics, psychodiagnostics.

Эффективность использования авиационной техники и безопасность полетов в значительной степени определяются надежностью летчика. Поэтому квалиметрия жизни и условий профессиональной деятельности (УПД) имеют важное значение при прогнозировании надежности летчика, позволяют выявлять опасные факторы, угрожающие безопасности полетов, и своевременно принимать меры по их устранению [1]. Для решения названных задач разработано методическое обеспечение, позволяющее количественно охарактеризовать значимые компоненты качества жизни (КЖ) и УПД летного состава, а также дать интегральную оценку соответствия этих условий требованиям, предъявляемым к летчику его профессией [2 - 4].

Материалы и методы

Для оценки КЖ и УПД летного состава разработали 2 одноименных опросника. На первом этапе стандартизации опросников проанализировали факторы, имеющие отношение к организации и условиям летной деятельности и жизни в быту и способные влиять на профессиональную надежность летчика. На основании этого анализа сформулировали перечень вопросов. При составлении вопросов использовали опыт разработки опросников для квалиметрии жизни лиц опасных профессий [1, 4 - 6].

На втором этапе действующими опытными летчиками (1-й класс и летчик-снайпер) вопросы проверили на адекватность и достаточность с точки зрения приемлемости их использования для заявленной цели. Таким образом, были сформированы 2 группы вопросов, одна – для оценки КЖ (11 вопросов), вторая – для оценки УПД (25 вопросов) [3].

На третьем этапе были разработаны методика и алгоритм получения интегральной оценки КЖ и УПД на основании частных ответов на вопросы разработанных опросников [3].

В опросниках предусмотрено, что ответы ранжируются в зависимости от оценивания летчиками различных частных показателей УПД и КЖ по четырехбалльной шкале порядка. (от 2 до 5 баллов). При переходе к номинативной шкале (шкале наименований) оценке 2 соответствует категория «показатель УПД или КЖ совсем не соответствуют требованиям, которые предъявляют профессия летчика, недопустимо», оценке 3 – «показатель УПД или КЖ в основном не соответствуют требованиям, которые предъявляют профессия летчика, но допустимо», оценке 4 – «показатель УПД или КЖ в основном соответствуют требованиям, которые предъявляет профессия летчика, но бывает лучше, есть замечания», оценке 5 – «показатель

УПД или КЖ полностью соответствуют требованиям, которые предъявляет профессия летчика, замечаний нет».

Интегральные оценки УПД и КЖ являются агрегативными (обобщенными) показателями, синтез которых осуществляется по иерархической схеме [3, 6]. Верхним уровнем являются сами показатели УПД и КЖ. Средний уровень (2-й уровень) иерархии при оценке УПД формируется из показателей, непосредственно связанных с верхним уровнем (14 показателей иерархии). Часть из них (8 показателей) также являются обобщенными показателями, агрегирующими 19 показателей нижнего (3-го) уровня иерархии УПД.

Так как представленные в виде вопросов составляющие КЖ и УПД имеют различную степень влияния на успешность и надежность летной деятельности, то показатели 2-го уровня иерархии по отношению к показателю высшего уровня и 3-го уровня по отношению к показателям 2-го уровня могут иметь различную значимость (важность, вес).

Аналитические выражения для определения УПД и КЖ представлены в виде аддитивной свертки взвешенных оценок показателей смежного снизу уровня иерархии и отличаются только их числом и смысловым содержанием. Для определения коэффициентов важности использован метод анализа иерархий.

Важность элементов иерархии оценивали 11 экспертов (авиационные врачи, имеющие значительный опыт службы на медицинских должностях в частях Военно-воздушных сил, и военные летчики 1-го класса, занимающие должности от командира эскадрильи до командира базы) с помощью шкалы отношений. Схема процедуры экспертизы предусматривала для получения экспертных оценок значимости компонентов КЖ и УПД отсутствие взаимодействия между экспертами. При этом учитывался факт, что валидность экспертной оценки с ростом количественного состава экспертов повышается до определенного предела из-за эффекта насыщения [3, 5].

Окончательные значения весовых коэффициентов компонентов КЖ и УПД были определены как среднее арифметическое значений весовых коэффициентов, вычисленных по матрицам парных сравнений, заполненных каждым экспертом.

Суждение о КЖ и УПД летчика выносится по принадлежности их количественных оценок к одному из классов состояний, используя рассчитанный интегральный балл, который представляет собой величину, находящуюся в диапазоне от 2 до 5, разбитом на 4 поддиапазона [3]. В зависимости

от того, в каком поддиапазоне находится интегральный балл, КЖ (УПД) летчика присваивается соответствующая вербальная оценка.

Результаты и их анализ

На заключительном этапе разработанные опросники для оценки КЖ и УПД летного состава дополнительно подвергнуты проверке на адекватность и достаточность сформулированных в них вопросов, а методический аппарат интегральной оценки этих условий – на валидность [3].

Для этого при помощи опросников проанкетировали 227 летчиков. У 122 летчиков были оценены УПД, у 105 – КЖ. После анкетирования летчикам предлагалось независимо от опросников охарактеризовать свои КЖ и УПД с точки зрения фактического соответствия уровня и качества этих условий требованиям, которые предъявляет к ним профессия, выбрав один из предлагаемых вариантов ответа на вопрос.

Сравнение баллов, характеризующих КЖ и УПД и определенных в одном случае при помощи разработанного алгоритма интегральной оценки совокупности ответов на частные вопросы опросников, а в другом – как субъективная обобщенная оценка летчиком своих КЖ и УПД, не выявило статистически значимых различий по критерию Вилкоксона ($p = 0,41$ и $p = 0,76$ соответственно) между этими двумя группами. Этот факт подтверждает адекватность и достаточность вопросов, сформулированных в опросниках для оценки КЖ и УПД лиц летного состава, а также валидность разработанного методического обеспечения.

Заключение

Применение разработанных опросников позволяет охарактеризовать каждый профессионально значимый компонент качества жизни и условий профессиональной деятельности летчика, а также дать интегральную оценку соответствия этих условий тем требованиям, которые предъявляет к летчику его профессия. Это позволяет своевременно выявлять опасные факторы, негативно влияющие на профессиональную надежность летчика, и тем самым угрожающие безопасности полетов, и своевременно реализовать меры по их устранению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Принципы организации контроля и оптимизации функционального состояния операторов // Безопасность жизнедеятельности. 2006. № 1. С. 4-10.
2. Буданова Е.И., Еркин Н.В. Методика оценки качества жизни курсантов военного вуза // Системный анализ в медицине: материалы VII международной научной конференции, 2013. С. 150-153.

3. Никифоров Д.А., Ворона А.А., Кукушкин Ю.А. Разработка методического аппарата для оценки качества жизни и условий профессиональной деятельности летного состава // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2015. № 2. С. 115-119.
4. Ушаков И.Б., Богомолов А.В. Информатизация программ персонифицированной адаптационной медицины // Вестник Российской академии медицинских наук. 2014. № 5-6. С. 124-128.
5. Козлов В.Е., Богомолов А.В., Рудаков С.В., Оленченко В.Т. Математическое обеспечение обработки рейтинговой информации в задачах экспертного оценивания // Мир измерений. 2012. № 9. С. 42-49.
6. Богомолов А.В., Гридин Л.А., Кукушкин Ю.А., Ушаков И.Б. Диагностика состояния человека: математические подходы. М.: Медицина, 2003. 464 с.

E-mail: kukushkina@gmail.com

© 2015 **С.М. Радомский**, канд. геол.-минерал. наук,

В.И. Радомская, канд. хим. наук

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск*

ХАЛЬКОГЕНИДЫ В ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТАХ БЛАГОВЕЩЕНСКОГО РАЙОНА АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлено распределение халькогенидов в элементах трофических цепей питания Благовещенского района Амурской области.

Ключевые слова: халькогениды, распределение, миграция, биологические среды.

© 2015 **S.M. Radomskii, V.I. Radomskaya**

Institute of Geology and Nature Management FEB RAS, Blagoveshchensk

CHALCOGENS IN NATIVE OBJEKTS BLAGOVESHCHENSK'S DISTRICT OF AMUR REGION

Are represented chalcogens in the elements of trophic feed circuits Blagoveshchensk's district of Amur Region.

Key words: chalcogens, distribution, migration, biological media.

Введение. Группу халькогенидов (*O, S, Se, Te*) составляют химические элементы главной подгруппы VI группы периодической системы Д.И. Менделеева. Кислород является самым распространённым элементом земной

кору в связанном состоянии в виде 1364 минералов. В свободном состоянии образуется в процессе фотосинтеза растениями суши и Мирового океана. Жизнь аэробных организмов осуществляется за счёт энергии процессов биоорганического окисления. Сера наряду с кислородом является необходимым элементом для жизни, входит в качестве примесей во все природные соединения и имеет сложный круговорот в природе, выражающийся схемой суша–реки–океан–суша. Наиболее токсичные формы имеют 1-2 класс опасности. Селен содержится в природе в основном в виде селенидов в степени окисления (-2). Обладает ярко выраженными антиоксидантными свойствами, участвует в ферментативном способе регулирования процесса окисления и является необходимым для жизни микроэлементом. Теллур является примесью в месторождениях сульфидов и селенидов. Обладает общетоксическим воздействием, относится к тиоловым ядам и не относится к необходимым для жизни элементам [1].

Цель исследования. Выявление распределения халькогенидов в компонентах трофических цепей питания Благовещенского района Амурской области.

Объекты и методы. Объектами исследования являлись поверхностные воды, почвы, растения, кровь людей. Отобранные пробы были проанализированы стандартными методиками. Водные концентрации ионов халькогенидов определяли на кислородомере ОР-211, рН-метре-милливольтметре «*Radelkis*» 2211 при помощи ионоселективных электродов фирмы «*Crytur*», инверсионном вольтамперометрическом анализаторе ТА-4, остальные показатели определяли по методикам рекомендованным ИСО, ГОСТ Р, ОСТ [1].

Обсуждение результатов. Халькогениды существуют в природной среде в виде соединений со следующими степенями окисления: (-2), (0), (+2), (+4), (+6) и делятся по степеням окисления на: а) восстановленные формы (-2), б) нейтральные самородные формы (0), в) окисленные формы (+2), (+4), (+6). Для кислорода наиболее характерны степени окисления (-2), (0). В виде равновесных природных форм участвуют в главном процессе для элементов подгруппы – окислении. Будучи полными гомологами кислорода, оказывают влияние на жизненно необходимые процессы от следующих градаций степеней: «жизненно необходимых элементов» для серы, «необходимых микроэлементов» для селена и общетоксических микроэлементов для теллура. Большинство химических соединений серы, селена, теллура относятся к веществам 1-2 класса опасности и проявляют общетоксические свойства.

Халькогениды поступают в природную среду при разрушении первичных минералов земной коры. Поверхностными водами выносятся в Мировой океан, где и аккумулируются. И уже оттуда с испарениями попадают в атмосферу и частично возвращаются на сушу, замыкая, таким образом, естественный круговорот химических элементов в природе. Массовые доли халькогенидов в природных объектах Благовещенского района приведены в табл. 1.

Таблица 1

Массовые доли халькогенидов в природных объектах Благовещенского района: ПДК в воде – мг/дм³, в поверхностных водах, почве и растениях в – мг/кг.

Природный объект	O	S	Se	Te
Поверхностные воды	858000	90	<0.001	<0.001
Предельно допустимые концентрации, вода*	–	250	0.1	0.01
Почвы	470000	470	0.10	0.001
Растения	700000	50	0.001	<0.001

*– ПДК химических элементов в воде питьевой. ГОСТ 2874-82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. Нормативы Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) 1984-1989 г. [1].

По кислороду представленные значения относятся к показаниям нормы. Дополнительно полученные характеристики поверхностных вод мг/дм³: концентрация растворённого кислорода 9-11, концентрация химически поглощённого кислорода 11-13, концентрация биологически поглощённого кислорода 1.0-1.3, и перманганатная окисляемость 6.45-7.28 свидетельствуют о высокой его насыщенности, хорошем качестве и доступности для живых организмов при осуществлении жизненных процессов в природной среде [2].

Для серы кроме вышеуказанных источников поступления в природную среду существуют дополнительные – техногенные, связанные с процессами сжигания органических топлив; а) в двигателях внутреннего сгорания автомобилей, б) угольного топлива на тепловых электростанциях (ТЭЦ) и в частных домовладениях, в) при различных природных пожарах, поскольку сера в качестве примеси содержится во многих биогеохимических соединениях. Поэтому загрязнение серой компонентов природной среды указанных в табл. 1 находится в интервале значений предельно допустимых концентраций 0.1-0.5 ПДК и характеризует умеренное загрязнение, не представляющее опасность для жизненно важных процессов [3].

По селену территория Благовещенского района отнесена нами к селенодефицитной, приближающейся к нижней границе нормальных значений. Суточная норма потребления селена организмом человека, рекомендованная экспертами ФАО/ВОЗ, составляет 50–200 мкг/сут. Селен относится к эссенциальным микроэлементам. Он участвует во многих метаболических процессах, синтезе гормонов щитовидной железы, обладает антиоксидантными и радиопротекторными свойствами, а также способностью к детоксикации тяжёлых металлов, нитратов и нитритов. Недостаток селена в организме приводит к возникновению различных патологических состояний, вплоть до тяжёлых патологий [4].

Теллур относится к редким элементам, присутствует не во всех природных ландшафтах и достоверных сведений о влиянии этого элемента на процессы жизнеобеспечения недостаточно [5].

Заключение

За последние десять лет нами была обследована референтная группа благовещенцев в количестве 28 человек, представленная людьми среднего и пожилого возраста, страдающих функциональными отклонениями состояния здоровья с целью уточнения воздействия селенового статуса организма. Селеновый статус определялся по концентрации селена в крови и для всей группы находился в интервале значений 0.06-0.11 мг/дм³, что характеризуется как недостаточный и приводит к появлению в анамнезе различных жалоб характеризующих предпатологические и патологические состояния. После месячного курса лечения селеносодержащими препаратами концентрации селена в крови возросли в два раза до значений 0.13-0.25 мг/дм³ и у 70-80% исчезли первоначальные жалобы, а у 50% обследованных ремиссия сохранялась в течение одного года без повторного приёма препаратов селена.

Вывод: при функциональных расстройствах основных систем жизнеобеспечения человеческого организма, с неясной этиологией, для людей постоянно проживающих на территории Благовещенского района Амурской области показано профилактическое лечение препаратами селена одним курсом в течение месяца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V-VIII групп. Справ. изд. / под ред. В.А. Филова и др. Л.: Химия, 1989. 592 с.
2. Радомский С.М., Радомская В.И., Матюгина Е.Б., Гусев М.Н. Основные физико-химические параметры состояния поверхностных вод Верхнего Амура // Водные ресурсы. 2007. Т. 34, № 1. С. 68-77.

3. Радомский С.М., Миронюк А.Ф., Радомская В.И., Лукичѳв А.А. Экологические проблемы золошлакоотвала Благовещенской ТЭЦ // Экология и промышленность России. 2004. № 3. С. 28-31.
4. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн. / под ред. Э.К. Буренкова. М.: Недра, 1994. Кн. 2: Главные р-элементы. 303 с.
5. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн. / под ред. Э.К. Буренкова. М.: Недра, 1994. Кн. 3: Редкие р-элементы. 352 с.

E-mail: rsm@ascnet.ru, radomskaya@ascnet.ru

УДК: 616.2-003.96:612.017.2](-057.36)(-054.6)

©2015 г. **В.Н. Балашов**, подполковник м/с.

Дальневосточное высшее общевойсковое командное училище, Благовещенск

СИСТЕМА ПРОФИЛАКТИКИ РАЗВИТИЯ РЕСПИРАТОРНОЙ ПАТОЛОГИИ У ИНОСТРАННЫХ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ

Представлена система профилактических мероприятий по предотвращению респираторной патологии у иностранных военнослужащих во временных закрытых коллективах военно-учебных заведений РФ на примере Дальневосточного высшего военного командного училища. Система разработана с учетом климатических условий регионов постоянного проживания иностранных курсантов, условий временного закрытого коллектива, результатов первичного клинического обследования и дифференциальной оценки факторов риска нарушения здоровья.

Ключевые слова: климатические пояса земли, болезни органов дыхания, иностранные военные специалисты, адаптация дыхательной системы.

V.N. Balashov

Far-Eastern Combined Arms Command College, Blagoveshchensk

SYSTEM OF PREVENTION OF RESPIRATORY PATHOLOGY DEVELOPMENT IN FOREIGN SERVICE MEMBERS

The system of prophylaxis activities to prevent respiratory pathology in foreign service members in temporary closed community of military colleges of RF is described at the example of Far-Eastern Combined Arms Command College. The system is developed taking into account climatic conditions of the region of the permanent residence of foreign cadets, the conditions of temporary closed community, the results of the initial clinical examination and differential estimation of risk factors of health harm.

Key words: climatic zones, respiratory diseases, foreign military specialists, adaptation of the respiratory system.

Введение

На протяжении последних 7 лет в Дальневосточном ВВКУ проходят обучение иностранные военнослужащие. В настоящее время в училище обучаются представители более 20 стран, различных национальностей и вероисповеданий. Прибытие иностранных военнослужащих из различных регионов нашей планеты ставит вопрос не только в проблемах общения, но и в работе по профилактике и прогнозированию заболеваний. Разделять столь многочисленные группы военнослужащих по странам и континентам в практической деятельности неэффективно и малоинформативно. Здесь необходимо изучить климатические пояса, где располагаются данные страны. Иностранные военнослужащие прибывают в основном из районов с преимущественно экваториальным или тропическим климатом. Амурская область относится к району с резко континентальным климатом с преобладанием в зимний период арктических воздушных масс. В таких экстремальных для иностранных военнослужащих условиях на первый план выходят заболевания органов дыхания, одно из главенствующих мест среди которых дыхания занимает внебольничная пневмония (ВП) [1].

Изучение механизмов резистентности организма иностранного военнослужащего при воспалительных заболеваниях органов дыхания позволит войсковому врачу без проведения дорогостоящих иммунологических методов исследования оценить возможные варианты развития и течения заболевания. С этой целью в настоящее время стали внедрять методы математического прогнозирования развития и течения заболевания [3, 7, 8, 10]. Разработка алгоритма принятия решения для войскового врача при остром заболевании органов дыхания у иностранных военнослужащих позволит быстро оценить возможные варианты развития и течения заболевания. В современной медицинской литературе существует крайне мало работ по этому направлению. Своевременная и качественная медицинская помощь повышает престиж обучения иностранных военных специалистов в России, и в частности в Дальневосточном высшем военном командном училище. Дальнейшая работа по накоплению клинического опыта и баз данных поможет совершенствовать лечебные мероприятия по профилактике и лечению заболеваний органов дыхания у представителей иностранных государств.

Материалы и методы исследования

На основе анализа заболеваемости острыми респираторными инфекциями (ОРИ) и внебольничной пневмонией (ВП) у контрольных групп ИВС,

прибывших из различных регионов нашей планеты, были установлены закономерности, которые помогли разработать ряд рекомендаций для ИВС по оптимальной адаптации к климату Амурской области и профилактике простудных заболеваний органов дыхания.

Под наблюдением находились 94 ИВС мужского пола, в возрасте от 20 до 24 лет. Все ИВС были разделены на 3 группы, согласно региону пребывания: 32 человека, прибывших из Юго-Восточной Азии (субэкваториальный климатический пояс); 28 человек, прибывших из Центральной Африки (экваториальный климатический пояс); 34 человека, прибывших из стран Ближнего Востока (субтропический климатический пояс).

Контрольную группу составили 36 курсантов – уроженцев Дальневосточного региона России, практически здоровых, некурящих, соответствующего возраста, проходящих обучение в ДВВКУ по схожим программам. Наблюдения проводились на протяжении первых 2 лет после прибытия для обучения. Данные исследования заносились в разработанную статистическую дорожную карту, состоящую из паспортной части, истории жизни (с указанием перенесённых заболеваний и факторов, формирующих здоровье), раздела с данными жалоб, объективного, инструментального и лабораторного исследований. Осмотр и опрос жалоб (клиническое исследование) проводились ежеквартально, а клинико-лабораторное и биохимическое обследование – каждые 6 мес.

Дополнительно у ИВС вышеперечисленных национальных групп проводилось анкетирование, общей численностью 366 анкет, в которых содержались вопросы по оценке своего состояния здоровья и адаптации к условиям климата Амурской области (рис. 1). Анкета содержала вопросы по рекомендациям своим соотечественникам, планирующим прибыть в Российскую Федерацию для обучения в ВВУЗах.

На основе полученных данных были разработаны рекомендации для ИВС по профилактике гриппа, других ОРВИ и ВП в период их первичной адаптации во время первого года обучения. Применение методики расчёта вероятности показало, что разделение рекомендаций по регионам пребывания ИВС, согласно представленных групп риска развития респираторной патологии, оправдано и имеет актуальное практическое значение. Комплексный анализ данных статистической дорожной карты и разработанная математическая модель дали возможность разработать брошюры с рекомендациями по каждому региону пребывания ИВС. Данные рекомендации позволят облегчить первичную адаптацию ИВС в РФ и снизить заболеваемость острой респираторной патологией в первый год обучения.

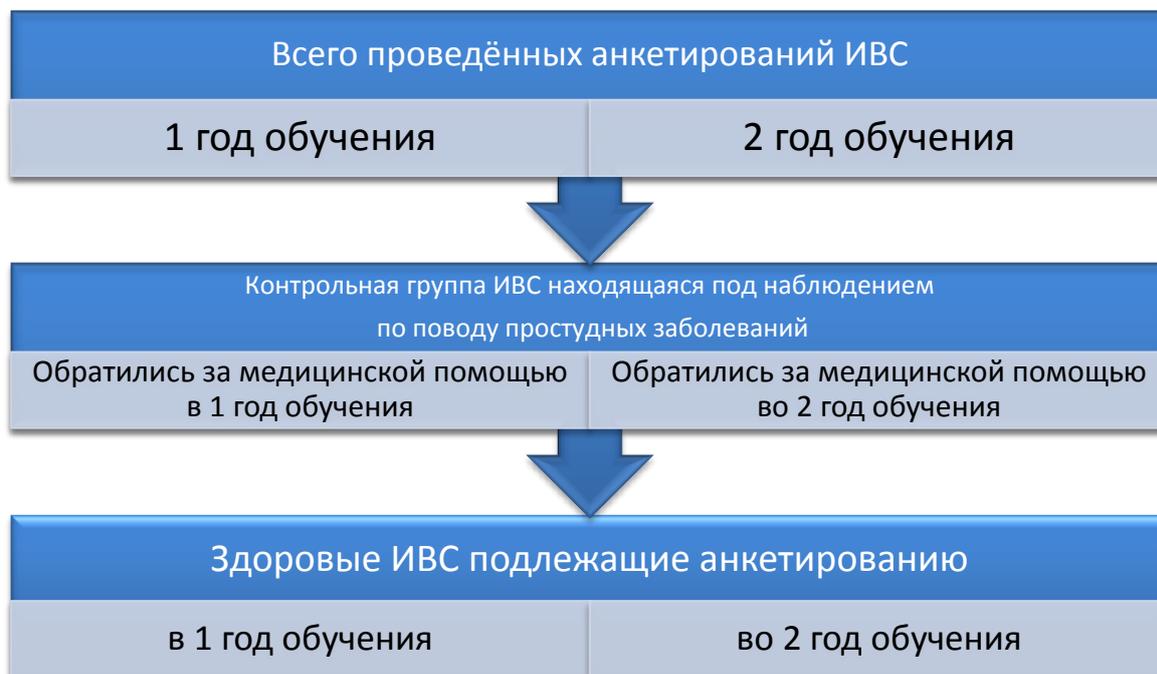


Рис. 1 – Контингент ИВС подлежащих анкетированию.

Результаты и обсуждение

Клинические исследования, проведенные в 2010-2012 гг. в Дальневосточном высшем военном командном училище (г. Благовещенск Амурской области) научно обосновали необходимость системного подхода к процессу адаптации и профилактики респираторной патологии у курсантов первого и второго года обучения, прибывших в РФ из других регионов и континентов.

Общая заболеваемость ИВС острыми респираторными инфекциями (ОРЗ), пневмониями, острым и обострениями хронического бронхита за 1 год обучения составила 69 случаев (всего 94 человека), что составило 73.4%. Контрольная группа курсантов ДВВКУ (36 человек) заболели в 25 случаев, что составило 69.5% за год.

В группе ИВС из Юго-Восточной Азии (32 человека) в первый год отмечено 18 случаев заболеваний: 2 пневмонии, 4 бронхита, 12 ОРЗ (табл. 1, 2). В группе ИВС из Центральной Африки (28 человек) в первый год отмечено 18 случаев заболеваний: 2 пневмонии, 5 бронхитов, 11 ОРЗ. В группе ИВС из Ближнего Востока (34 человека) в первый год отмечено 33 случая заболеваний: 4 пневмонии, 12 бронхитов, 17 ОРЗ. В контрольной группе курсантов ДВВКУ (36 человек) в первый год отмечено 25 случаев заболеваний: 1 пневмония, 5 бронхитов, 19 ОРЗ.

Таблица 1

Общая заболеваемость у ИВС простудными заболеваниями

Группа	Численность	Общая заболеваемость	Пневмонии	ОРЗ	О. бронхит	%
Юго-Восточной Азии	32 человека	18	2	12	4	56.25%
Центральной Африки	28 человек	18	2	11	5	64.3%
Ближнего Востока	34 человека	33	4	17	12	97.0%
Контрольная группа курсантов ДВВКУ	36 человек	25	1	19	5	69.5%

Таблица 2

Заболеваемость внебольничной пневмонией у ИВС.

Группа	Численность	Заболеваемость пневмониями	Месяц пребывания													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Юго-Восточной Азии	32 человека	2				1		1								
Центральной Африки	28 человек	2					1		1							
Ближнего Востока	34 человека	4					1	1	1	1						
Контрольная группа курсантов ДВВКУ	36 человек	1						1								

Курсанты второй группы, прибывшие из Центральной Африки, требовали более длительной адаптации по причине наиболее выраженного отличия климатических условий Амурской области и регионов их постоянного проживания. По этим соображениям иностранные военнослужащие из Центральной Африки в первый год обучения целенаправленно ограждались от воздействия низких температур в период с ноября по март. Для данной группы иностранных военнослужащих был изменен учебный план подготовки военных специалистов на 1 курсе обучения, перенесены полевые занятия на более теплый период времени. Именно поэтому при расчетах динамики физиологических показателей коэффициент корреляции, учитывающий регион постоянного проживания, для данной группы курсантов при-

нят за 1, так как период адаптации у них проходил заведомо в менее сложных условиях. Для групп иностранных военнослужащих, прибывших из Юго-Восточной Азии и стран Ближнего Востока, коэффициенты, учитывающие регион постоянного проживания, соответственно равны 2 и 3.

Система профилактики респираторной заболеваемости должна учитывать климатические условия регионов постоянного проживания иностранных курсантов, условия временного закрытого коллектива, результаты первичного клинического обследования и дифференциальную оценку факторов риска нарушения здоровья [2, 4, 5, 8, 10].

Систему мероприятий по профилактике респираторной патологии, в том числе и внебольничной пневмонии, у иностранных военнослужащих необходимо проводить в три этапа.

I этап: Мероприятия, проводимые в период подготовки иностранных курсантов к поступлению в военно-учебные заведения РФ.

К данным мероприятиям относятся:

– усиленная физическая подготовка молодых людей. В нашей работе показано, что физически подготовленные молодые люди легче адаптируются к новым внешним условиям – климатическим, ВЗК, условиям службы и быта;

– пропаганда здорового образа жизни, в том числе, отказ от курения. За указанный выше период наблюдения иностранных военнослужащих установлено, что большинство заболевших внебольничной пневмонией являются курильщиками. Особенно данный факт характеризует группу курсантов, прибывших в ДВВКУ из стран Ближнего Востока;

– активизация санитарно-просветительской работы по пропаганде медицинских и гигиенических знаний. Формирование потребности молодых людей в здоровом стиле жизни, соответствующим требованиям климатических условий РФ и требованиям ВЗК необходимо развивать у иностранных военнослужащих до поступления в военно-учебные заведения РФ;

– разработка и реализация рекомендаций по адаптации к климату у ИВС как в регионах постоянного проживания иностранных военнослужащих, так и в регионе прохождения обучения.

II этап: Мероприятия, рекомендуемые к проведению в первый год обучения иностранных военнослужащих.

К данным мероприятиям относятся:

– проведение полного клинического обследования курсантов при

поступлении. Данные обследования помогут спрогнозировать группу риска вновь прибывших абитуриентов;

- усиление контроля за состоянием здоровья иностранных военнослужащих в течение первого года обучения, а особенно в течение первых шести месяцев. Нами доказано, что тяжесть внебольничной пневмонии зависит от длительности периода от начала заболевания до госпитализации в лечебное учреждение;

- улучшение санитарно-гигиенических и бытовых условий в ВЗК;
- предупреждение переохлаждений иностранных военнослужащих, соблюдение формы одежды по сезону;

- адекватные физические нагрузки в первые 2 месяца обучения и в период максимально низких температур (декабрь-январь);

- формирование однородных коллективов. Каждая группа иностранных военнослужащих из определенного региона проживания требует конкретных профилактических мероприятий по предупреждению респираторной патологии. Смешанные коллективы иностранных военнослужащих из разных регионов пребывания в условиях ВЗК способствуют увеличению респираторной заболеваемости [2, 3]. Нами предлагается проведение мониторинга адаптационного процесса для формирования групп риска по развитию респираторной патологии и определение объема профилактических мероприятий на этапе формирования временного закрытого коллектива;

- регулярный мониторинг адаптационного процесса и его прогнозирование.

III этап: Формирование группы риска по развитию бронхолёгочной патологии с использованием разработанной статистической модели. Определение групп риска дает возможность использовать дифференцированный подход к назначению системы профилактических мероприятий.

К данным мероприятиям относятся:

- проведение мер вторичной профилактики нарушений здоровья;
- проведение профилактических прививок и другие лечебно-охранительные мероприятия. На основании нашего исследования доказано, что иностранным военнослужащим групп риска проведение специфической вакцинации, в том числе и от пневмонии, абсолютно показано.

Данная система профилактических мероприятий, разработанная на основе исследований, проводимых в ДВВКУ, предусматривает межведомственный многоуровневый подход к профилактике нарушений здоровья

иностранных военнослужащих, прибывших на обучение в РФ из других регионов и континентов, и обеспечивает предупреждение респираторной патологии в воинских закрытых коллективах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов И.М., Крайнюков П.Е., Шаповалова Т.Г. Сравнительный анализ тяжести течения внебольничной пневмонии у военнослужащих в организованных воинских коллективах // Воен.-мед. журн. 2010. №10. С.12–17.
2. Борисов И.М., Шаповалова Т.Г. Прогнозирование развития осложнений внебольничной пневмонии у военнослужащих // Казанский мед. журн. 2012. Т.93, №6. С.64–70.
3. Гельцер Б.И., Куколь Л.В., Пупышев А.В. Современные подходы к прогнозированию в пульмонологии // Тер. арх. 2002. Т.74, №3. С.80–85.
4. Зубков М.Н. Внебольничные пневмонии: этиологическая диагностика и антимикробная терапия // Рус. мед. журн. 204. Т.12, №5. С.290–296.
5. Ключкова С.В., Игнатова Г.Л. Анализ факторов риска развития хронических заболеваний легких у военнослужащих // Воен.-мед. журн. 2012. №5. С.57–59.
6. Колосов В.П. Профилактика неспецифических заболеваний легких в сельской местности Дальневосточного региона: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 1991. 40 с.
7. Колосов В.П., Перельман Ю.М., Ульянычев Н.В. Пути построения прогнозных моделей в пульмонологии // Информатика и системы управления. 2005. №2(10). С.64–71.
8. Мануйлов В.М., Емельяненко В.М. Медико-социальные факторы риска возникновения пневмоний и острых бронхитов у новобранцев // Воен.-мед. журн. 2005. №4. С.11–13.
9. Диагностика, лечение и профилактика внебольничной пневмонии у военнослужащих МО РФ / А.Л.Раков и др. М.: РМ-Вести, 2003. 82 с.
10. Синопальников А.И., Зайцев А.А. Анализ состояния пульмонологической помощи в Вооруженных Силах и пути ее улучшения // Воен.-мед. журн. 2008. №8. С.31–40.

E-mail: st_sov@mail.ru

© 2015 г. **С.К. Солдатов**, д-р мед. наук; **С.Д. Чистов**, канд. мед. наук;

Е.Г. Герасимова; Ю.А. Кукушкин, д-р техн. наук

*Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил
МО РФ, Московская область, г. Щелково*

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАНИЙ К ПОСЛЕСМЕННОЙ КОРРЕКЦИИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

По результатам комплексного динамического психофизиологического мониторинга персонала объектов по уничтожению химического оружия выделены два кластера психофизиологических состояний и построено решающее правило для определения принадлежности обследуемого к одному из них на основании значений комплекса информативных показателей, определяемых до и после рабочей смены.

Ключевые слова: психофизиология труда, гигиена труда, медицинская информатика.

S.K. Soldatov, S.D. Chistov, E.G. Gerasimova, Yu.A. Kukushkin

*Central Scientific and Research Institute of Military Air Forces of RF Defense Ministry,
Moscow region, Shchelkovo*

THE METHODOLOGY OF IDENTIFICATION OF SIGNS OF AFTER SHIFT PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE

By the results of complex dynamical psychophysiological monitoring of the personnel responsible for elimination of the chemical weapons, two clusters of psychophysical states were identified and the rule to define to which one the examined belongs was worked out on the basis of the complex of informative signs found out before and after the shift.

Key words: psycho physiology of labour, labour hygiene, medical informatics.

Учёт человеческого фактора при разработке комплекса мероприятий, направленных на обеспечение функциональной надёжности деятельности персонала, сохранение и укрепление их профессионального здоровья невозможен без решения задач диагностики состояния человека, поскольку качество решения разнообразных прикладных задач непосредственно зависит от полноты описания, правильности оценки и прогноза развития состояний человека [2, 6, 8].

Индивидуальные характеристики, определяющие психофизиологический статус персонала, отличаются. Но эти отличия могут быть не столь

значительны, чтобы препятствовать объединению персонала в группы, близкие по своим характеристикам (кластеры). Такой подход способствует выявлению как общих (присущих представителям каждой группы), так и специфических (присущих представителям отдельной группы) свойств, что позволяет выявить специфику психофизиологического статуса с помощью методов кластерного анализа [2]. Технология кластерного анализа в общем случае включает этапы:

- 1) формирование выборки (множество объектов, описываемых совокупностью признаков);
- 2) расчет меры сходства (геометрической близости) между всеми возможными парами объектов;
- 3) последовательное группирование близких объектов;
- 4) исследование качества сформированной группировки.

Исходными данными являлись результаты комплексного динамического мониторинга психофизиологического состояния персонала до и после профессиональной деятельности.

Структура и объем исследования

Для диагностики ФС персонала объектов по уничтожению химического оружия (УХО) и исследования динамики ФС использован диагностический комплекс, состоящий из двух блоков [1, 3-5, 7]:

- блок физиологического обследования: исследование состояния системы центральной и периферической гемодинамики в покое; исследование вегетативной регуляции сердечной деятельности в покое, в положении сидя; проведение функциональных нагрузочных проб с определением времени задержки дыхания на выдохе (проба Генча) и на вдохе (проба Штанге);
- блок психофизиологического обследования: определение времени простой и сложной сенсомоторной реакции; тест дифференциальной самооценки функционального состояния.

В результате комплексного психофизиологического обследования персонала, занятого на работах по УХО обследовано 46 человек, сопоставимых по возрасту, антропометрическим показателям и стажу работы. Обследование (в зависимости от особенностей профессиональной деятельности) проводили до и после четырехчасовой смены или в начале и в конце восьмичасового рабочего дня.

Кластерный анализ и интерпретация его результатов

Для разделения обследуемых на классы применен метод иерархической кластеризации Уорда [2]. Анализ подвергалась таблица стандартизованных разностей значений перечисленных выше показателей, измеренных у персонала объектов по уничтожению химического оружия до и после рабочей смены. В результате кластерного анализа обследуемые разделены на два класса, значительно различающихся по типу реагирования на функциональную нагрузку и рабочую смену: кластер 1 (n=24) и кластер 2 (n=22).

Несмотря на статистически достоверное различие по возрасту обследованных (средний возраст в кластере 1 составил 32,5 лет, в кластере 2 – 26,5 лет), антропометрические данные, стаж работы у обследуемых обоих кластеров не имеют статистически достоверных различий.

У представителей обоих кластеров до и после смены определяли показатели диагностического комплекса. Различия показателей фонового обследования между кластерами оказались статистически недостоверны, следовательно, дифференцирующим признаком кластеров является характер нагрузки и реагирования организма на нее [4, 5, 7].

Сопоставляя описательную статистику кластеров, можно заключить, что у всех обследованных лиц перед рабочей сменой имеется психоэмоциональное напряжение, обуславливающее преобладание центральной симпатической регуляции над автономной парасимпатической (стресс-реакция). Это напряжение у обследуемых из кластера 2 после работы сменяется психоэмоциональным расслаблением и нормализацией баланса симпатического и парасимпатического звеньев регуляции. У обследуемых из кластера 1 напряженность регуляторных систем и преобладание центрального симпатического звена над автономным парасимпатическим продолжается и после смены.

Методика определения показаний к послесменной коррекции психофизиологического статуса

Для определения показаний к послесменной экспресс-коррекции психофизиологического статуса персонала объектов по УХО разработана специальная методика, состоящая в следующем:

1) у каждого работника до и после рабочей смены регистрируют кардиоинтервалограмму и определяют значения $MxDMn$ (разность между максимальной и минимальной длительностью кардиоинтервалов в кардиоинтервалограмме), УО (ударный объем кровообращения), $RMSSD$ (квадрат-

ный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов), SI (стресс-индекс по Р.М.Баевскому).

2) рассчитывают функции G1 и G2:

$$G1 = -0,004(MxDMn_{до} - MxDMn_{после}) + 0,001(УО_{до} - УО_{после}) - 0,033(RMSSD_{до} - RMSSD_{после}) + 0,002(SI_{до} - SI_{после}) - 0,799;$$

$$G2 = 0,035(MxDMn_{до} - MxDMn_{после}) + 0,141(УО_{до} - УО_{после}) - 0,123(RMSSD_{до} - RMSSD_{после}) + 0,005(SI_{до} - SI_{после}) - 4,708,$$

где нижний индекс «до» соответствует значению показателя до и после рабочей смены, а нижний индекс «после» – значению показателя после рабочей смены. Обследуемый относится к тому кластеру, соответствующая функция (G1 или G2) для которого максимальна. Результаты распознавания принадлежности операторов к двум выделенным кластерам свидетельствуют о надежной идентификации принадлежности обследуемого к выделенным кластерам, что обеспечивает практическую применимость полученных результатов в интересах сохранения здоровья персонала объектов по УХО.

Разработанная методика обеспечивает возможность экспресс-определения персонифицированных показаний к нормализации психофизиологического состояния. Реализация этих рекомендаций способствует повышению адаптационных резервов организма, снижению выраженности послесменного утомления – то есть, сохранению здоровья и профессионального долголетия представителей исследуемой социо-профессиональной группы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берзин И.А., Богомолов А.В., Сипаков А.С. Автоматизированная система медицинского мониторинга персонала объектов по уничтожению химического оружия // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. № 6. 2005. С. 44.
2. Богомолов А.В., Гридин Л.А., Кукушкин Ю.А., Ушаков И.Б. Диагностика состояния человека: математические подходы. М.: Медицина, 2003. 464 с.
3. Ворона А.А., Жданько И.М., Чистов С.Д., Герасимова Е.Г., Филь С.Н. Методика определения показаний к послесменной экспресс-коррекции психофизиологического статуса персонала объектов по уничтожению химического оружия // Здоровье населения и среда обитания. № 5 (266). 2015. С. 27-30.
4. Жданько И.М., Ворона А.А., Чистов С.Д., Филь С.Н. Особенности функционального состояния персонала объектов по уничтожению химического оружия // Безопасность жизнедеятельности. № 10. 2014. С. 3-8.
5. Кукушкин Ю.А., Ворона А.А., Богомолов А.В., Чистов С.Д. Рискметрия здоровья персонала объектов по уничтожению химического оружия // Анализ риска здоровью. № 3. 2014. С. 26-33.

6. Ушаков И.Б., Богомоллов А.В., Кукушкин Ю.А. Психофизиологические механизмы формирования и развития функциональных состояний // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. Т. 100. № 10. 2014. С. 1130-1137.
7. Филь С.Н., Чистов С.Д., Герасимова Е.Г., Солдатов С.К., Шишов А.А. Психофизиологический статус персонала, занятого на работах по уничтожению химического оружия // Здоровье населения и среда обитания. № 8 (257). 2014. С. 15-18.
8. Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V. Procedure for synthesizing the index of an operator's psychophysiological stress // Biomedical Engineering. Т. 35. № 4. 2001. PP. 207-210.

E-mail: kukushkinya@gmail.com

Б.З. Гармаев, канд. физ.-мат. наук, **В.В. Бороноев**, д-р техн. наук
Институт физического материаловедения СО РАН, Улан-Удэ

КЛАССИФИКАЦИЯ ПУЛЬСОВЫХ ВОЛН С ПОМОЩЬЮ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Излагается методика классификации пульсовых волн на основе сравнения со статистической моделью пульсовой волны. Данная классификация позволяет разделять пульсовые волны на группы с подобным положением информативных точек.

Ключевые слова: классификация, пульсовой сигнал, статистическая модель.

B.Z. Garmaev, V.V. Boronoev
*Institute of Physical Materials Science of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences*

PULSE WAVE CLASSIFICATION BASED ON THE STATISTICAL MODEL

The paper shows the technique of classification of the pulse waves based on a comparison with the statistical model of the pulse wave. This classification makes it possible to break up the pulse waves into the groups with similar positions of informative points.

Key words: classification, pulse signal, statistical model.

Известно, что пульсовые волны даже взятые из одной реализации отличаются R-R интервалами и амплитудно-временными параметрами [1]. Для исследования данной вариации проведены исследования [2] на реальных пульсовых волнах и предположен способ классификации пульсовых волн с помощью данной модели.

На рис. 1а показаны 117 реальных пульсовых волн с заметной вариабельностью помеченных информативных точек. Далее вычисляется разница между модельной и реальной информативными точками (ИТ) в процентах от R-R интервала, и диапазоны поиска в процентах от R-R интервала в модели информативных точек.

На рис. 1б показан в процентах от R-R интервала выход реальных информативных точек за диапазон поиска в модели, т.е. разница двух величин указанных выше. Отрицательные значения показывают, что информативные точки не выходят за границу диапазона поиска и в случае отсутствия шума будут определены точно. Ноль обозначает верхнюю границу диапазона поиска в модели. На рис. 1б видно, что модельные информативные точки 4 и 8 имеют наименьшую разницу с реальными информативными точками. Реальные информативные точки 4, кроме 2-х точек, находятся внутри диапазона поиска и имеют отрицательное среднее значение. В среднем от 2 до 8% информативных точек 4 выходят за диапазон поиска модели.

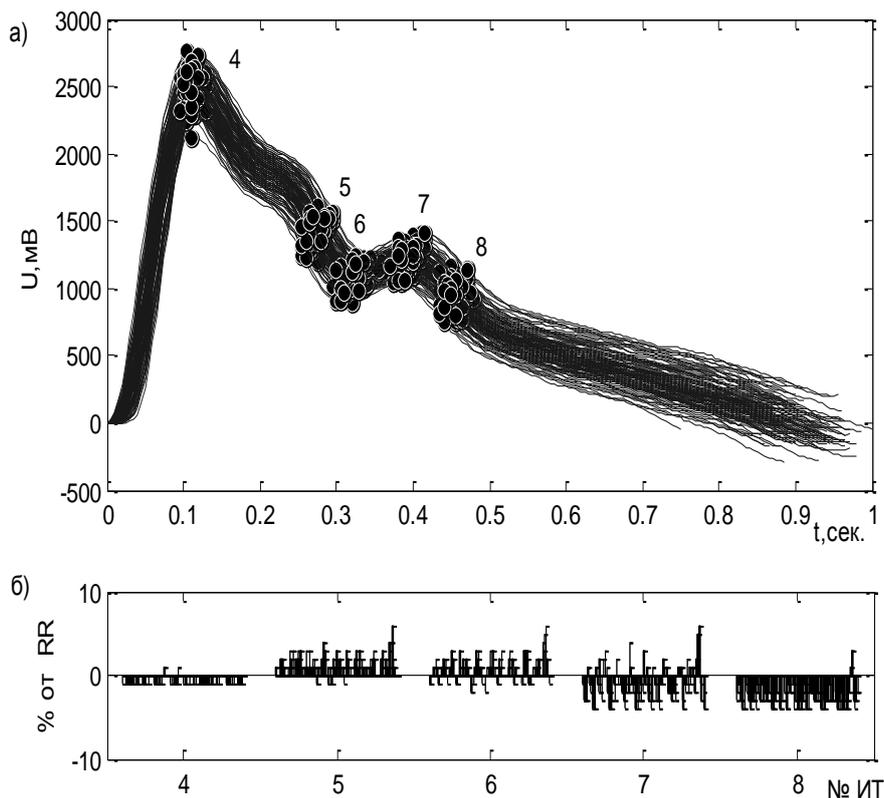


Рис.1 – а) 117 пульсовых волн с обозначенными информативными точками, б) положение реальных точек №4-8 относительно границ диапазона поиска.

Также на рис. 1б показано, что реальные ИТ 4 и 8 в основном входят в диапазон поиска. Это объясняется малой вариабельностью этих точек, в то время как ИТ 5, 6 и 7 очень вариабельны и располагаются на пульсовой волне очень близко, что не позволяет увеличить их диапазоны поиска.

Реальные информативные точки 5 и 6 имеют средние значения выше нуля, следовательно, большинство точек 5 и 6 данная модель определяет неправильно. От 50% до 90% точек 5 и 6 находятся вне диапазона поиска.

Для нахождения оптимальной пульсовой волны для фазового анализа кардиоцикла с помощью статистической модели требуется разработать способ классификации пульсовых волн на основе следующей модели: предлагается классификация на основе схожести пульсовых волн со статистической моделью, которая будет построена на оценке максимального различия положений информативных точек от модели.

На рис. 2 видно, что количество пульсовых волн при $\Delta t=0.05$ сек. наибольшее $n=42$. Тем самым нами определена оптимальная группа пульсовых волн для фазового анализа кардиоцикла с помощью статистической модели. Также заметим, что пульсовые волны в данной группе в среднем имеют большую длину (RR-интервал), чем в остальных группах. Тем самым, по данной классификации можно наиболее верно определить среднюю частоту сердечных сокращений.

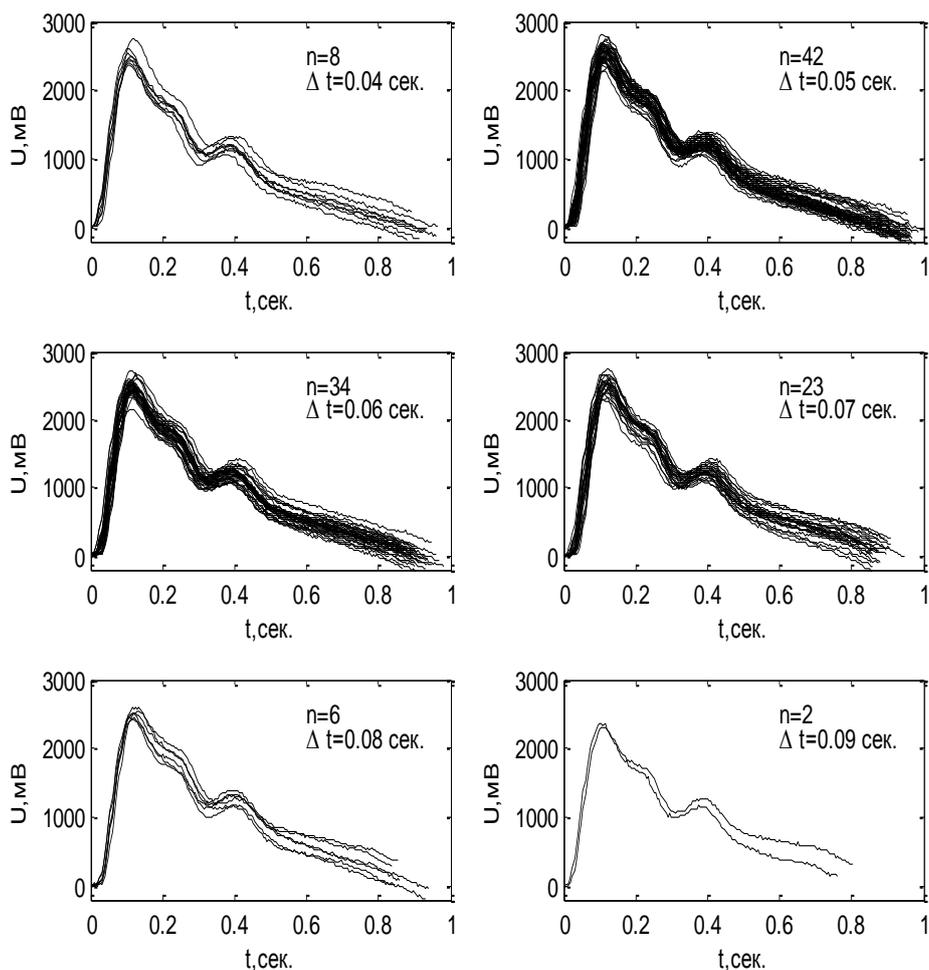


Рис.2. – Распределение количества n пульсовых волн в зависимости от максимального различия положений Δt информативных точек от модели.

Таким образом, использование статистической модели единичной волны пульсового сигнала позволяет производить классификацию пульсовых сигналов по временным параметрам кардиоцикла. Эта классификация позволит выбирать из единичных волн пульсового сигнала оптимальную для корректной оценки фазовых параметров кардиоцикла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наточин Ю.В. Новое о природе регуляций в организме человека // Вестник Российской Академии наук. 2000. Т.70, № 1. С. 21-35.
2. Бороноев В.В., Гармаев Б.З. Нахождение оптимальной пульсовой волны для фазового анализа кардиоцикла с помощью статистической модели // Изв. ВУЗов. Физика. 2012. №9(2). С.341-343.

E-mail: bair.garmaev@gmail.com

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Адаменко Л.С., 43
Алёхин М.Д., 47
Андриевская И.А., 98
Антонюк М.В., 110
Балашов В.Н., 204
Безруков Н.С., 50
Беспалов В.Г., 133
Богомоллов А.В., 8
Бородин Е.А., 115
Бороноев В.В., 216
Буданова Е.И., 163
Булулукова Т.И., 163
Бушманов А.В., 80
Вараксин А.Н., 18
Васильева И.Н., 133
Вассерман Е.Л., 35
Винарская Е.Н., 146, 149
Ворона А.А., 192, 196
Гармаев Б.З., 216
Герасимова Е.Г., 212
Горборукова Т.В., 12
Гориков И.Н., 117, 123
Грибова В.В., 73
Грибова Г.В., 188
Гридин Л.А., 153
Дворников М.В., 38, 153
Донцов В.И., 57, 61, 65
Дорофиенко Н.Н., 98
Драган С.П., 69
Дьякович М.П., 15
Егоршина Е.В., 117
Зарецкий А.П., 129
Зинкин В.Н., 133, 141, 172
Ильин А.В., 107
Ильин А.В., 129
Ишутина Н.А., 98
Кальченко В.В., 23
Карташев Н.К., 35
Катола В.М., 176, 180, 184
Каюмова Л.И., 163
Кику П.Ф., 12
Кнышова В.В., 110
Колосов В.П., 117
Кондратьева Е.А., 69
Константинова Е.Д., 18
Котляр-Шапиров А.Д., 69
Крутько В.Н., 57, 61, 65, 157
Кукушкин Ю.А., 192, 196, 212
Кулешов А.П., 129
Кулигин С.Н., 82
Леншин А.В., 107
Луценко М.Т., 98
Мамиконова О.А., 57, 65
Манаков Л.Г., 43
Матюшев Т.В., 38
Нагребецкая Ю.В., 31
Нахамчен Л.Г., 117
Никифоров Д.А., 192, 196
Окунь Д.Б., 73
Орленкович Л.Н., 102
Панов В.Г., 27, 31
Перельман Ю.М., 107
Перина А.А., 163
Петряева М.В., 76
Попова Е.А., 35
Потемкина Н.С., 57, 65, 157
Потеряхин А.В., 129
Потеряхина А.В., 129
Приходько А.Г., 107
Пупырев Н.П., 188
Пырву В.В., 57
Радомская В.И., 200
Радомский С.М., 200
Розенблит С.И., 57, 61
Сапегин А.Н., 161
Семичевская Н.П., 43
Слесарев Д.И., 95
Смирнова Т.М., 57, 61
Смоляков Ю.Н., 23
Солдатов С.К., 172, 212
Соловцова Л.А., 95
Тальченкова Т.Е., 117
Трухачева Н.В., 188
Ульянычев Н.В., 82
Ульянычева В.Ф., 82
Фахрутдинова С.В., 80
Финогенко И.А., 15
Фирсов Г.И., 146, 149
Царева У.В., 110
Чистов С.Д., 212
Шешегов П.М., 137, 167
Шишов А.А., 153
Шматок М.И., 50
Штарберг М.А., 115

МАТЕРИАЛЫ
IX международной научной конференции
«Системный анализ в медицине» (САМ 2015)

22-23 октября 2015 года,
г. Благовещенск

Авторы несут ответственность за достоверность информации
и представленных сведений

Компьютерная верстка Н.В. Соколова

Сверстано редакционной службой ДНЦ ФПД,
675000, Благовещенск, ул. Калинина, 22.
отпечатано в типографии «Фабрика рекламы»,
г. Благовещенск, пер Волошина, оф. 5., тел (4162) 377-570
Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 12,34. Тираж 300.
Подписано к печати 24.09.2015.