

УДК 577.353:611

## РАЗРАБОТКА ИНДЕКСА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗДОРОВЬЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Шабанов Г.А., Рыбченко А.А., Лебедев Ю.А.

*Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения  
Российской академии наук, Магадан, e-mail: neurokib@mail.ru*

Для мониторинга индивидуального здоровья разработан индекс индивидуального здоровья. Индекс включает напряжение адаптационных механизмов, срыв адаптации и обострение хронических заболеваний, все стадии развития воспалительного процесса, восстановление функций или регенерацию структур организма, наличие пролиферативных заболеваний, доброкачественных и злокачественных опухолей. Индекс индивидуального здоровья создан на основе технологии исследования микровибраций головного мозга с использованием разработанного нами медицинского аппарата «Регистратор спектра микровибраций головного мозга РС АЭГ-01». Проведены исследования индекса индивидуального здоровья по группам состояния здоровья от практически здорового человека до наличия онкологического заболевания, при этом индекс индивидуального здоровья изменялся от 1,2 до 8 единиц. Приведены примеры расчета индекса индивидуального здоровья при длительном наблюдении за практически здоровым человеком, за пациентом с хроническим заболеванием в стадии ремиссии, при наблюдении за пациентом с онкологическим заболеванием. Предложенный метод измерения индекса индивидуального здоровья может быть использован при решении многочисленных медицинских задач, которые возникают при лечении и длительном мониторинге индивидуального здоровья пациента, отборе контингентов среди практически здоровых людей для работы в условиях Севера и Дальнего Востока.

**Ключевые слова:** микровибрации головного мозга человека, частотная матрица множества функциональных состояний, индекс индивидуального здоровья

## DEVELOPMENT OF AN INDEX OF INDIVIDUAL HEALTH BASED ON THE ANALYSIS OF THE ACOUSTIC FIELD OF THE BRAIN

Shabanov G.A., Rybchenko A.A., Lebedev Yu.A.

*Scientific Research Center «Arktika» Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Magadan, e-mail: neurokib@mail.ru*

To monitor individual health, an index of individual health has been developed. The index includes stress of adaptive mechanisms, failure of adaptation and exacerbation of chronic diseases, all stages of the development of the inflammatory process, restoration of functions or regeneration of body structures, the presence of proliferative diseases, benign and malignant tumors. The index of individual health was created on the basis of the technology for studying microvibrations of the brain using the medical apparatus developed by us "Recorder of the spectrum of microvibrations of the brain RS AEG-01". Studies of the index of individual health in groups of health status from a practically healthy person to the presence of an oncological disease were carried out, while the index of individual health varied from 1.2 to 8 units. Examples of calculating the individual health index during long-term observation of a practically healthy person, a patient with a chronic disease in remission, and a patient with an oncological disease are given. The proposed method for measuring the index of individual health can be used to solve numerous medical problems that arise during the treatment and long-term monitoring of the patient's individual health, the selection of contingents among practically healthy people for work in the conditions of the North and the Far East.

**Keywords:** microvibrations of the human brain, frequency matrix of the set of functional states, index of individual health

Мониторинг состояния индивидуального здоровья и правильная ранняя диагностика патологических состояний лиц, проживающих в экстремальных природно-климатических условиях (например, в условиях севера), имеют особо важное значение для проведения лечебно-профилактических мероприятий и оценки их эффективности. В основе мониторинга лежат интегральные показатели здоровья. Наиболее часто для мониторинга здоровых людей используется ритм сердца [1]. Математический анализ сердечного ритма широко применяется в медицине как один из наиболее информативных методов оценки состояния организма [2–4]. Регистрация и анализ

ЭЭГ считаются наиболее важным методом выявления нарушений мозговых функций. Анализ ритмических ЭЭГ-паттернов характеризует широкий спектр функциональных состояний организма [5–7]. Однако систем мониторинга по оценке функционального состояния организма человека на основе ЭЭГ разработано не было.

Для индивидуального мониторинга состояния здоровья актуальной является разработка неинвазивных инструментальных методов диагностики интегральных показателей различных функций и систем организма, а также оценки ранних форм различных патологических состояний, включая онкологические заболевания.

Цель исследования – разработать индекс индивидуального здоровья (ИИЗ) на основе спектрального анализа микровибраций головного мозга.

### Материалы и методы исследования

Дизайн исследования носил «учебный» характер. Исследовались здоровые и больные люди с подтвержденным диагнозом. Всего обследованы 479 человек в возрасте от 35 до 70 лет. Критерием исключения являлось наличие в анамнезе неврологических заболеваний.

Для верификации состояния здоровья обследуемого пациента были использованы выписки из карт профилактического осмотра, истории болезни, опрос пациента. Для практически здоровых людей использовался аппарат «Варикард» для спектрального анализа ритма сердца, оценки напряжения адаптационных механизмов, оценки уровня здоровья по показателям ПАРС (система Светофор).

Индекс индивидуального здоровья создавался на основе технологии исследования микровибраций головного мозга с использованием разработанного нами лабораторного образца медицинского аппарата «Регистратор спектра микровибраций головного мозга РС АЭГ-01» [8].

В качестве датчиков применялись пьезокерамические элементы, помещенные в силиконовую оболочку. Датчики регистрируют вибрации поверхности головы, связанные с перистальтикой гладкой мускулатуры, сосудов и, возможно, стенок нервных клеток.

В результате спектрального анализа микровибраций формируется спектральная многочастотная матрица, анализ которой может дать полную информацию о состоянии организма человека [9].

Статистическая обработка данных показателей проведена с использованием лицензионного пакета прикладных программ Excel-97 и Statistica-10. Исследование выполнено в соответствии с Федеральными законами № 323 от 21.11.2011 г. и № 152 от 27.07.2006 г. У всех участников оформлено письменное информированное согласие о добровольном участии.

Описанные выше способы рассчитаны для оценки психофизиологического состояния, напряжения адаптационных механизмов практически здоровых людей. Они не в полной мере пригодны для измерения уровня здоровья и могут давать значительные ошибки при обследовании больных.

Измерение уровня здоровья организма человека должно учитывать по возможности все стадии развития патологического процесса – напряжение адаптационных

механизмов, срыв адаптации и обострение хронических заболеваний, все стадии развития воспалительного процесса, восстановление функций или регенерация структур организма, наличие пролиферативных заболеваний, доброкачественных и злокачественных опухолей.

В монографии [9] впервые был опубликован способ расчета индекса индивидуального здоровья на основе спектрального анализа биоэлектрической активности головного мозга. При проведении исследований было обнаружено, что площадь асимметрии огибающих спектра между правым и левым полушариями головного мозга пропорциональна выраженности очага патологически усиленного возбуждения. Весь спектральный диапазон был разбит на пять участков (F1, F2, F3, F4, F5+F6+F7), каждый из которых отвечал за активность различных групп висцеральных рецепторов и имел свой весовой коэффициент (от 1 до 5,5 ед.). При этом комбинация активности различных участков спектра позволяла различать стадии воспалительного процесса – спазм гладкой мускулатуры, ишемическая гипоксия, активное воспаление, венозный стаз, регенерация органа. Рассчитывалась суммарная площадь асимметрии огибающих спектра по всему частотному диапазону 0,13–27 Гц с учетом весов каждого спектрального участка. Шкала ИИЗ была представлена состояниями от здоровых до больных с обострением заболевания в диапазоне от 1 до 6 единиц.

Регистрация и спектральный анализ микровибраций головного мозга велись в височно-теменных отведениях [10]. Спектральный анализ имел особенности: в частотном диапазоне 0,13–27 Гц выделялись 840 спектральных гармоник со временем суммации кадра информации 160 сек. Недостатком способа явилась нечувствительность ИИЗ к онкологическим заболеваниям на любых стадиях развития.

Основная цель – повышение точности оценки состояния организма человека, возможность его использования для определения преморбидных и нозологических состояний, включая различные стадии воспалительных процессов и риск развития онкологического заболевания.

Для достижения поставленной цели использован спектральный анализ механических микровибраций головного мозга. Производилось разделение спектра на  $n$  частотных участков (13,5–27 Гц; 6,9–13,5 Гц; 3,4–6,9 Гц; 1,7–3,4 Гц; 0,13–1,7 Гц), характеризующих функциональное состояние различных групп висцеральных рефлексов, сумму асимметрии амплитуд (площа-

ди) огибающих спектра правого и левого полушария для каждого участка с учетом весового коэффициента  $S_i$  (2, 5, 7, 6, 3). Далее производится подсчет количества спектральных гармоник с минимальными значениями амплитуды спектра по обоим полушариям ( $m \leq 0,05$ ), умножается на весовой коэффициент  $S_0$  (0,35) и добавляется к сумме площадей асимметрии огибающей спектра.

Диапазоны полученного индекса индивидуального здоровья подразделяются на следующие состояния:

- практически здоровые – 1,2–3,0;
- здоровые с функциональными отклонениями, снижением сопротивляемости организма – 3,1–3,9;
- здоровые в стадии компенсации хронических заболеваний, функциональные возможности организма сохранены – 4,0–4,9;
- больные в стадии субкомпенсации хронических заболеваний, функциональные возможности организма снижены – 5,0–5,4;
- больные с обострением заболевания, функциональные возможности организма значительно снижены – 5,5–6,0;
- больные с риском развития или наличия онкологического заболевания – 6,1–8,0.

По величине полученного количественного критерия был определен индекс оценки состояния индивидуального здоровья, который далее, при мониторинге, можно ис-

пользовать для построения динамического ряда оценки состояния здоровья пациента.

В условиях практического применения в медицине имеют значение скорость и надежность регистрируемых данных. Был изучен более практичный метод: метод регистрации механических микровибраций головного мозга, которые связаны с нейроваскулярным рефлексом, механическими проявлениями изменения тонуса разветвленного поля внутримозговых сосудов и непосредственно связаны с активностью нервных клеток [8].

### Результаты исследования и их обсуждение

#### Примеры конкретного выполнения

На рисунке 1 показан пример мониторинга индекса индивидуального здоровья при наблюдении за практически здоровым человеком А1. ИИЗ=3,0. Пациент А1 входит в группу «здоровые с нормальным развитием и сбалансированными функциями».

На рисунке 2 показан пример мониторинга индекса индивидуального здоровья при наблюдении за пациентом Г с хроническим заболеванием в стадии ремиссии (хронический гастрит). ИИЗ=4,8. Пациент Г входит в группу «здоровые в стадии компенсации хронических заболеваний, функциональные возможности организма сохранены».

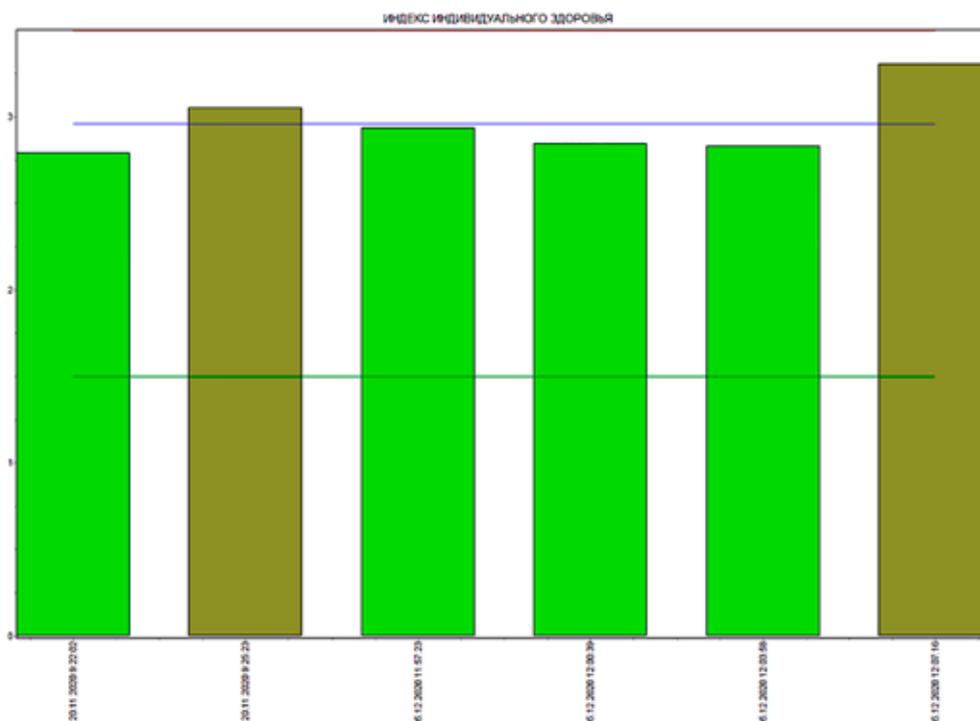


Рис. 1. Пример расчета индекса индивидуального здоровья при наблюдении за практически здоровым человеком А1



Статистика групп при исследовании ИИЗ

п/п	Состояние здоровья	ИИЗ (доверительный интервал $p=0,05$ )	Количество человек	Возраст
1	Практически здоровые	1,2–3,0	150	35–47
2	Здоровые с функциональными отклонениями	3,1–3,9	37	35–47
3	Здоровые с компенсацией хронических заболеваний	4,0–4,9	48	35–47
4	Больные с субкомпенсацией хронических заболеваний	5,0–5,4	39	39–53
5	Больные в стадии обострения заболевания	5,5–6,5	80	41–55
6	Больные с риском развития онкологического заболевания (исключены заболевания крови)	6,6–8,0	125	55–70

На рисунке 3 показан пример мониторинга индекса индивидуального здоровья при наблюдении за пациентом R с онкологическим заболеванием (рак предстательной железы 4-й стадии). ИИЗ=7,6. Пациент входит в группу «больные с риском развития онкологического заболевания».

Результаты исследований ИИЗ по группам состояния здоровья представлены в таблице. При этом люди были расположены по состоянию здоровья от идеального здоровья до онкологического заболевания 4-й стадии. ИИЗ изменялся от 3,0 до 7,8 единицы.

Программа распознавала правильное отнесение к группам с чувствительностью 0,82 и специфичностью 0,78.

**Выводы**

Оценка уровня здоровья человека является актуальнейшей задачей теории и практики медицины. В настоящее время при решении различных задач уровень здоровья исследуют отдельно у практически здоровых людей в рамках донологического подхода или только больных людей в рамках нозологического подхода [1–3].

На основе спектрального анализа микровибраций головного мозга удалось разработать методику, совмещающую в себе оба этих подхода: измерение напряжения адаптационных механизмов, срыв адаптации и обострение хронических заболеваний, все стадии развития воспалительного процесса и восстановления структур [9]. Впервые в индекс индивидуального здоровья введен признак – риск развития или наличие онкологического заболевания [10].

Индекс индивидуального здоровья создан на основе исследования микровибраций головного мозга с использованием разработанного нами медицинского аппарата: «Регистратор спектра микровибраций головного мозга РС АЭГ-01» – и более технологичен в сравнении с регистрацией ЭЭГ сигналов [8, 10].

Предложенный способ измерения индекса индивидуального здоровья может быть использован при решении многочисленных медицинских задач, которые возникают при лечении и длительном мониторинге индивидуального здоровья пациента, отборе контингентов среди практически здоровых людей для работы в условиях Севера и Дальнего Востока.

**Список литературы**

1. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. 236 с.
3. Соболев А.В., Рябыкина Г.В. Кожемякина Е.Ш. Новый метод анализа вариабельности синусового ритма на длительных промежутках времени, учитывающий наличие на ритмограмме двойных изломов // Медицинский алфавит. 2017. № 1(14). С. 22-27.
3. Гаврилова Е.А. Ритмокардиография в спорте: монография СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2014. 164 с.
4. Шлык Н.И., Гаврилова Е.А. Анализ вариабельности сердечного ритма в контроле за тренировочной и соревновательной деятельностью спортсменов на примере лыжных видов спорта // Лечебная физическая культура и спортивная медицина. 2016. № 1 (133). С. 17-23.
5. Левицкая О.С., Лебедев М.А. Интерфейс мозг-компьютер: будущее в настоящем // Вестник РГМУ. 2016. Т. 2. С. 4–16.
6. Сотников П.И. Выбор оптимальных частотных диапазонов сигнала электроэнцефалограммы в интерфейсе мозг-компьютер // Наука и образование. 2015. № 6. С. 217–234.
7. Сотников П.И. Выделение характерных признаков сигнала электроэнцефалограммы с помощью анализа энтропии // Наука и образование. 2014. № 11. С. 555–570.
8. Патент на полезную модель № 202454 Российская Федерация, МПК<sup>51</sup> А61В 5/0476(2020.08) Регистратор спектра микровибраций головного мозга // Шабанов Г.А., Рыбченко А.А., Лебедев Ю.А., Зубков И.А. / НИЦ «Арктика» ДВО РАН (RU), Заявка № 2020125873; Приоритет 04.08.2020; опубл. 18.02.2021. Бюл. №5.
9. Шабанов Г.А., Максимов А.Л., Рыбченко А.А. Функционально-топическая диагностика организма человека на основе анализа ритмической активности головного мозга. Владивосток: Дальнаука, 2011. 206 с.
10. Патент № 2661098 Российская Федерация, МПК<sup>51</sup> А61В 5/05. Способ экспресс диагностики онкологического заболевания // Рыбченко А.А., Шабанов Г.А., Максимов А.Л., Ищенко В.Н., Крыжановский С.П. / НИЦ «Арктика» ДВО РАН (RU), ГБОУ ВПО ТГМУ Минздрава России (RU); МО ДВО РАН (RU) Заявка № 2016127302; заявл. 06.07.2016; опубл. 11.07.2018. Бюл. №20.