

УДК 612.087

**ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА ОБЩЕЙ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕАКТИВНОСТИ
ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ДИНАМИКИ СООТНОШЕНИЙ
НОЦИЦЕПТИВНОЙ И АНТИНОЦИЦЕПТИВНОЙ СИСТЕМЫ**

¹Дадашева К.Г., ¹Аллахвердиев А.Р., ²Дадашев Ф.Г.

¹Институт физиологии НАНА им. А.И. Караева, Баку;

²Национальная академия авиации, Баку, e-mail: dfh54@rambler.ru

Статья посвящена экспресс-оценке соотношения ноцицептивной и антиноцицептивной систем на основе динамики изменения порога болевой чувствительности. На основе трех различных критериев, отражающих динамику данного соотношения, предложена классификация баланса между ноцицептивной и антиноцицептивной системами при многократной подаче болевого стимула. Проведены сопоставления выделенных типов динамики с некоторыми психофизиологическими показателями.

Ключевые слова: общая неспецифическая реактивность, динамика соотношений ноцицептивной и антиноцицептивной системы, порог болевой чувствительности

**RAPID ASSESSMENT OF GENERAL NONSPECIFIC REACTIVE BASED ON
DYNAMIC RELATIONSHIP OF NOCICEPTIVE AND ANTINOCICEPTIVE SYSTEM**

¹Dadasheva K.G., ¹Allahverdiyev A.R., ²Dadashev F.G.

¹Garayev Institute of Physiology, ANAS, Baku;

²National Aviation Academy, Baku, e-mail: dfh54@rambler.ru

The article is devoted to the rapid evaluation of the ratio of nociceptive and antinociceptive systems based on the dynamics of pain threshold change. On the basis of three different criteria that reflect the dynamics of this relationship, proposed a classification of the balance between nociceptive and antinociceptive systems with multiple supply painful stimuli. A comparisons of the types of dynamics with some physiological parameters proposed.

Keywords: general non-specific reactivity, dynamics of the relations of nociceptive and antinociceptive systems, pain threshold

Экспресс-оценка функционального состояния организма человека в реальном масштабе времени требует комплексных задач, в том числе физиологического, математического и технического характера. Выбор информативных показателей сложно-динамических систем, как и организм человека, является первостепенно важным.

В качестве интегративного критерия функционального состояния организма, выбора уровня общей неспецифической реактивности, определяемый посредством анализа ноцицептивной чувствительности, количественно фиксируемой в результате приборной экспресс-диагностики, является перспективным.

Динамика соотношения ноцицептивной и антиноцицептивной систем

Одним из подходов к идентификации уровня общей неспецифической реактивности организма (УОНРО) является интеллектуальный анализ динамики соотношений ноцицептивной и антиноцицептивной систем.

Как известно [6], УОНРО определяется по порогу болевой чувствительности (ПБЧ), где при некотором физическом и психическом покое значение ПБЧ отражает уровень УОНРО и обратно пропорционально значению ПБЧ.

Экспресс-оценка УОНРО в реальном масштабе времени, имеющая прогностическую ценность, позволяет судить о функциональной надежности при выполнении профессиональных задач в экстремальных условиях.

Для успешного проведения экспресс-оценки предлагается выделение следующего:

- сбор и первичная обработка последовательностей реактивности организма;
- идентификация типа УОНРО.

Перспективным в этом направлении является разработка поргатовых устройств [1, 3] на базе микроконтроллера [5].

Для реализации экспресс-оценки соотношения ноцицептивной и антиноцицептивной систем на основе динамики изменения ПБЧ (рис. 1), где использован интеллектуальный анализ с применением аппарата нечетких множеств на базе микроконтроллера PIC16f877A.

**Алгоритм определения
показателей динамики**

Обозначим через $\{\tau_i\}$, где $i=1, \dots, n$ совокупность времени реакции на i -й стимул.

Для унификации измерений нами предложено применение аппарата математики Л. Заде, где параметры измерения динамики определяются лингвистическими и нечеткими переменными [4].

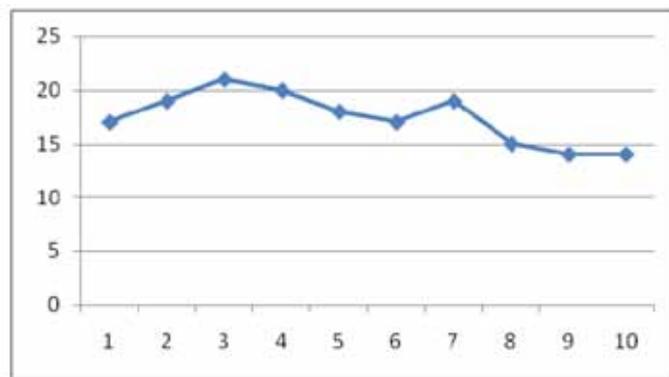


Рис. 1. Динамика изменения болевой чувствительности.
По оси абсцисс – номер болевого стимула, по оси ординат – время, с

УОНРО определяется через τ_1 . Для определения лингвистического переменного «УОНРО» используется треугольный вид функции принадлежности для каждого элемента терм множества {ВЫ-

СОКИЙ, СРЕДНИЙ, НИЗКИЙ}, который строится на основе статистических данных [6].

Структура «УОНРО» представлена на рис. 2.

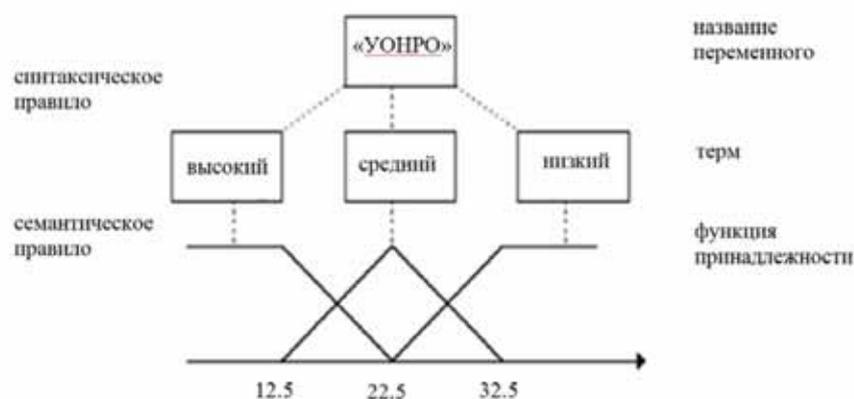


Рис. 2. Определение лингвистического переменного «УОНРО»

Стабильность является вторым показателем динамики, определяется как нечеткое переменное с функцией принадлежности, вычисляемое с помощью следующей формулы:

$$\mu_s = 1 - (\tau_{\max} - \tau_{\min}) / (\max - \min), \quad (1)$$

где τ_{\max} и τ_{\min} – максимальное и минимальное значения массива $\{\tau_i\}$, а \max и \min выбраны из граничных значений распределения показателей УОНРО (соответственно 44.5 и 0.5) по А. Мулику [6, 7].

Третьим показателем динамики является восстанавливаемость. Она является как временной, так и пространственной. Временная восстанавливаемость определяется формулой:

$$\mu_r = 1 - \left| \sum_{k=1}^{k=N-1} \text{sign}(\tau_{k+1} - \tau_k) \right| / (N - 1). \quad (2)$$

Она отражает степень равенства суммарных промежутков времени нарастания и уменьшения ПБЧ.

А амплитудная восстанавливаемость определяется формулой

$$\mu_{rx} = 1 - (\tau_N - \tau_1) / (\max - \min), \quad (3),$$

которая отражает степень приближения значений ПБЧ к первоначальному после многократной подачи стимула.

Как видно из формул (1)-(3), значения показателей μ_r , μ_s и μ_{rx} находятся в интервале [0, 1] и их можно определить как нечеткие. Вышеуказанные показатели отражают различные стороны динамики соотношения ноцицептивной и антиноцицептивной систем. Так, если «УОНРО» отражает баланс этих двух систем [6], то следующая μ_s – стабильность этого баланса, а при отсутствии стабильности μ_r и μ_{rx} – его восстанавливаемость.

Введем классификацию динамики соотношений ноцицептивной и антиноцицептивной систем на основе трех критериев «УОНРО», и тогда выделяются следующие классы:

- H – S;
- H – NS – R;
- H – NS – NR;
- M – S;
- M – NS – R;
- M – NS – NR;

- L – S;
- L – NS – R;
- L – NS – NR.

где первое – критерий определяющий уровень «УОНРО» (H – высокий, M – средний, L – низкий); второй критерий – стабильность (S – стабильный, NS – нестабильный); а третий критерий – восстанавливаемость (R – восстанавливаемый, NR – не восстанавливаемый).

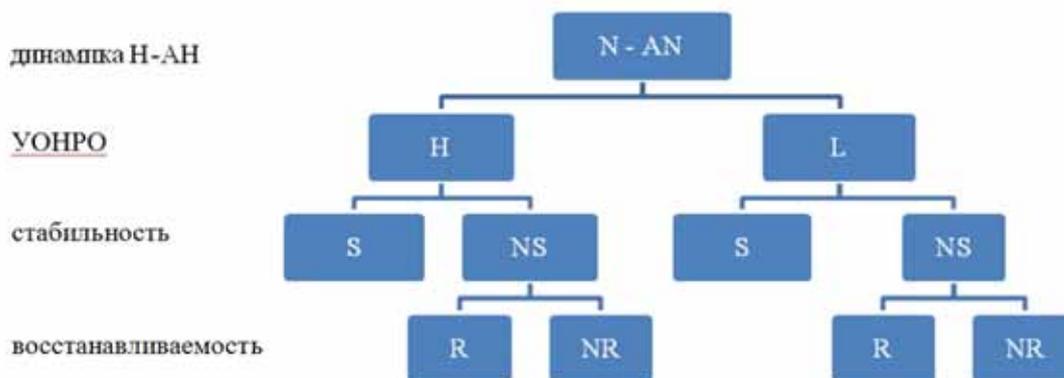


Рис. 3. Классификация типов динамики соотношений ноцицептивной (H) и антиноцицептивной (AH) системы

Типичные примеры динамики соотношения ноцицептивной и антиноцицептивной системы представлены на рис. 4 и 5. К числу сильных типов относятся динамики графиков, которые начинаются со значения, принадлежащего к сильному типу УОНРО.

Они отличаются от степени стабильности динамики (H – S), а при отсутствии стабильности (H – NS) – его восстанавливаемостью (H – NS – R, H – NS – NR).

Аналогично, определяются как средние, так и слабые типы УОНРО.

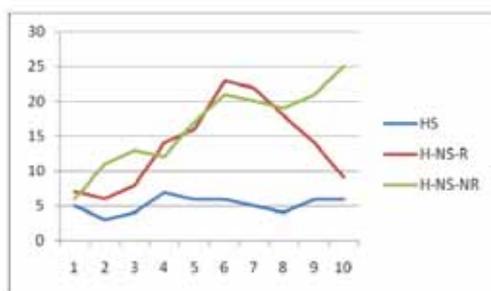


Рис. 4. Класс сильных типов УОНРО

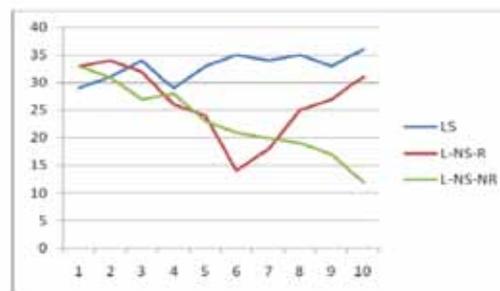


Рис. 5. Класс слабых типов УОНРО

Связь типов динамики соотношения ноцицептивной и антиноцицептивной систем с некоторыми психофизиологическими показателями человека-оператора

Учитывая информативность динамики изменения ПБЧ под воздействием многократной подачи болевого стимула в качестве иллюстративного примера представ-

лены результаты анализа эмпирических данных между типами ПБЧ, как показателями баланса между ноцицептивной и антиноцицептивной систем с типами динамики сенсомоторной реакции, выявленный по тепинг-тесту Ильина (использован компьютерный вариант, разработанный Ф.Г. Дадашевым).

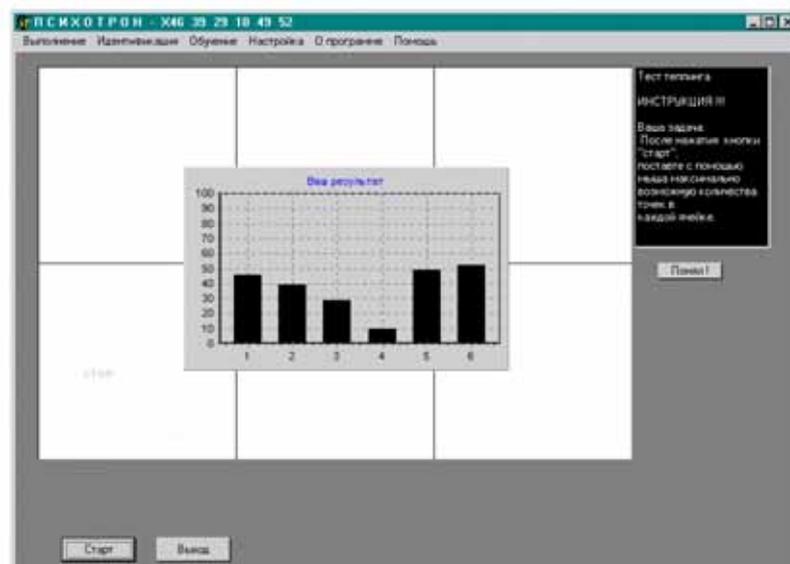


Рис. 6. Пользовательский интерфейс пользователя автоматического тепинг-теста

Разработан автоматизированный тепинг-тест, где испытуемому дается задание начать максимально быстро ставить точки в представленных квадратах, посредством нажатия на правую кнопку мыши, последовательно переходя от первого до шестого квадрата. Время работы в каждом квадрате – 5 с. За отведенное время нужно проставить как можно больше точек. Переход с одного квадрата на другой происходит автоматически. Вся работа проводится в максимальном темпе.

Автоматически определяется тип динамики, который соответствует одному из нижеприведенных типов:

1-й тип графика (выпуклый). Темп работы нарастает в первые 10-15 с, а в конце работы он может снизиться до первоначального темпа. Этот тип кривой соответствует сильной нервной системе

2-й тип графика (ровный). Максимальный темп удерживается примерно на одном

уровне в течение всего времени работы. Этот тип кривой характеризует нервную систему средней силы.

3-й тип графика (промежуточный или вогнутый) – темп снижается после первых 10-15 с или первоначальное снижение темпа сменяется кратковременным возрастанием темпа до исходного уровня. Это – средне-слабая нервная система

4-й тип графика (нисходящий) – максимальный темп снижается уже со второго пятисекундного отрезка и остается на сниженном уровне до конца работы – слабая нервная система.

Для сравнения динамики соотношения ноцицептивной и антиноцицептивной систем с типами сенсомоторной реакции определяемый по тепинг-тесту, проведены исследования 56 человек в возрасте 18-25 лет. Результаты распределения двух типовых показателей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Тип динамики	Тип графика			
	выпуклый	ровный	вогнутый	нисходящий
H – S	4	6		
H – NS – R	5	3	2	
H – NS – NR		1	1	1
M – S		5		
M – NS – R	1	2	6	1
M – NS – NR	2	1	3	
L – S			1	1
L – NS – R		1	4	
L – NS – NR			1	4

Как видно из табл. 1 сильным типам УОНРО Н – S, Н – NS – R соответствует сильный и средне-сильный тип сенсомоторной реакции. Из средних типов УОНРО М – S и М – NS – R соответствует среднее и средне-слабая нервная система. Слабым типам УОНРО L – NS – R и L – NS – NR соответствует средне-слабая и слабая нервная система.

Из таблицы видно что стабильному типу из сильных и средних типу Н – S и М – S соответствует ровный тип сенсомоторной реакции, который может быть отражений общности механизмов обеспечивающих стабильности различных механизмов адаптации [2].

Из вышеуказанных видно тенденция градуальных однонаправленных изменений двух различных типов классификаций.

Заклучение

Идентификация психофизиологического состояния человека-оператора в реальном масштабе времени является базой для прогнозирования сложных управленческих задач. Адекватное решение идентификационных задач требует множество взаимосвязанных подзадач, таких как выбор информативных показателей, анализ функциональных закономерностей между выбранными показателями, множество математических и технических задач.

А выбор интегративных критериев, таких как УОНРО, является наиболее важным при оптимизации состояния человека-оператора. Школой А.И. Мулика всесторонне на системном уровне исследованы все аспекты УОНРО человека, где используется ПБЧ при физиологическом и психологическом покое, отражающий баланс ноцицептивной и антиноцицептивной систем.

Если показатель или комплекс показателей отражает деятельность какой-нибудь системы, то ее изменчивость соответствует процессам более высокого уровня. В данном контексте динамическое изменение

УОНРО при многократной подаче болевого стимула частично отражает динамику изменения баланса ноцицептивной и антиноцицептивной системы. Всестороннее решение данной задачи зависит от многих факторов, которые необходимо учесть при проведении исследований, к числу которых относится тип и место подачи болевого стимула, его регулярность и т.п.

В решении идентификационных задач важным является оценка динамики ПБЧ.

Выбор трех показателей этой динамики обусловлен физиологическими процессами, лежащими в основе баланса ноцицептивной и антиноцицептивной систем. Перспективу представляет более детальный анализ этих процессов. И еще хотелось бы отметить возможности нейросетевой технологии при идентификации динамики ПБЧ для распознавания типов динамических процессов. Здесь перспективным было бы применение гибридных информационных технологий с сохранением физиологического содержания.

Список литературы

1. Ахутин В.М., Новосельский В.И. Инженерно-физиологические методы в биотехнических системах// Инженерная физиология и моделирование систем организмов. – Новосибирск: Наука, 1987. – С. 7-17.
2. Баевский Р.М. Саморегуляция биологических ритмов как один из механизмов адаптации организма к изменениям внешней среды. – в кн.: Адаптивная саморегуляция функций. – М., 1977. – С.49-67.
3. Викторов В.А., Гундаров В.П., Матвеев Е.В. Принципиальные вопросы создания и производства приборов и комплексов для психофизиологических исследований. Медицинская техника. 1997. – №2. – С. 4-13.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение для принятия приближенных решений. – М.: Мир, 1976. –165 с.
5. Предко М. Справочник по PIC-микроконтроллерам: ДМК Пресс, XXI 2002. – 488 с.
6. Мулик А.Б., Постнова М.В., Мулик Ю.А. Уровень общей неспецифической реактивности организма человека. – Волгоград: Волгогр. науч. изд-во, 2009. – 222 с.
7. Мулик А.Б., Адаптивное поведение как отражение индивидуального уровня общей неспецифической реактивности организма // Вест. ВолГУ. – Сер. 5, вып. 1. 2001. – С.105-106.