

V.V. Berezhnij, V.G.Kozachuk

## Breastfeeding of infants during the first year of life

Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education

Introduction. Today breastfeeding is very topical theme throughout the world.

Aim. To review the literature on feeding infants and to show the importance of breastfeeding.

Results. It was proven that breastfeeding is the most physiological, safe and natural food for baby's first year of life. Breastfeeding provides exceptionally close contact of mother and child and has a huge positive the psycho-emotional impact on the infant.

Keywords: children, breastfeeding, value, composition of breast milk.

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2013

А.В. Дёмин\*, А.И. Иванов\*\*, А.И. Малый, С.Н. Фёдоров\*\*\*\*

## НОВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНДЕКСА КЕРДО

\* ФГБУН Государственный научный центр РФ – Институт  
медико-биологических проблем РАН, Москва,

\*\*Санкт-Петербургский филиал Национального исследовательского  
университета «Высшая школа экономики», Санкт-Петербург,

\*\*\*\* Национальная медицинская академия последипломного образования  
имени П.Л. Шупика, Киев

Введение. В работе содержится описание применения методов математической биологии для анализа измерений в физиологии человека. Применена аппроксимация Т-системами тригонометрических функций временных рядов, элементами которых являются результаты измерений индекса Кердо.

Цель. Найти количественно обоснованные рекомендации по управлению активностью вегетативной нервной системы испытуемых с помощью дозированных физических нагрузок.

Материал и методы. В качестве испытуемых использованы добровольцы мужского пола, практически здоровые, не имеющие асоциальных привычек.

Выводы. Найдено новое применение автокорреляционных функций эргодических и слабоэргодических процессов для решения задач физиологии, спортивной медицины. Изложение выполнено с использованием численных примеров.

Ключевые слова: индекс Кердо, тонус вегетативной нервной системы человека, анализ временных рядов, автокорреляционные функции, стационарность, управление физиологическими процессами, аппроксимация Т-системами Чебышёва.

### ВВЕДЕНИЕ

Работа содержит описание нового применения аппроксимации Т-системами тригонометрических функций временных рядов, элементами которых являются результаты измерений в физиологии человека. Найдено новое применение автокорреляционных функций эргодических и слабоэргодических процессов для решения задач физиологии, медицины, спорта и других областей деятельности,

## ПРОБЛЕМНИ ПИТАННЯ

связанных с необходимостью сохранения нормального функционирования человеческого организма в экстремальных условиях. Изложение выполнено с использованием численных примеров обработки результатов измерений вегетативного индекса Кердо [1].

Цель. Найти количественно обоснованные рекомендации по управлению активностью вегетативной нервной системы (ВНС) испытуемых с помощью дозированных физических нагрузок. Выполнить количественно обоснованное заключение о наличии (отсутствии) стационарности изменений тонууса ВНС испытуемых.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве испытуемых использованы три добровольца мужского пола, практически здоровые, не имеющие асоциальных привычек. Возраст испытуемых: И.А.И. – 57 лет, М.А.В. – 41 год, Д.А.В. – 37 лет. 9 января между 12 и 13 час. у испытуемых одновременно выполнено по 21 замер индекса Кердо. Измерительный прибор – тонометр Rossmax Q400. Интервалы между измерениями – 1 мин. Результаты измерений помещены в таблицах 1-4.

Таблица 1

Результаты измерений индекса Кердо у испытуемого И.А.И.

№ измерения	0	1	2	3	4	5	6	7
Индекс Кердо	-0.06	-0.06	-0.01	0	-0.04	-0.01	0.01	-0.01
№ измерения	8	9	10	11	12	13	14	15
Индекс Кердо	-0.01	-0.01	0.01	-0.04	0	0.01	0.041	-0.09
№ измерения	16	17	18	19	20			
Индекс Кердо	-0.03	0	-0.06	-0.04	-0.07			

Таблица 2

Результаты измерений индекса Кердо у испытуемого М.А.В.

№ измерения	0	1	2	3	4	5	6	7
Индекс Кердо	-0.37	-0.26	-0.20	-0.17	-0.23	-0.13	-0.15	-0.12
№ измерения	8	9	10	11	12	13	14	15
Индекс Кердо	-0.22	-0.18	-0.17	-0.20	-0.06	-0.19	-0.17	-0.19
№ измерения	16	17	18	19	20			
Индекс Кердо	-0.16	-0.14	-0.18	-0.26	-0.26			

Результати измерений індекса Кердо у испытуемого Д.А.В.

№ измерения	0	1	2	3	4	5	6	7
Индекс Кердо	-0.13	-0.20	-0.16	-0.06	-0.12	-0.09	-0.12	-0.16
№ измерения	8	9	10	11	12	13	14	15
Индекс Кердо	-0.27	-0.17	-0.19	-0.16	-0.20	-0.18	-0.05	-0.11
№ измерения	16	17	18	19	20			
Индекс Кердо	-0.09	-0.12	-0.15	-0.09	-0.10			

Таблиця 4

Значения коэффициентов  $a_i$ 

$$Q_{29}^{(1)}(t)$$

$i$	0	1	2	3	4
$a_i$	0.02120	0.00187	0.01166	0.01511	0.00324
$i$	5	6	7	8	9
$a_i$	0.00723	-0.00185	-0.01127	0.00378	-0.02183
$i$	10	11	12	13	14
$a_i$	0.00577	-0.01776	0.01712	-0.00490	-0.00283
$i$	15	16	17	18	19
$a_i$	0.01176	0.00717	0.00578	0.00595	0.01279
$i$	20				
$a_i$	-0.00282				

$$Q_{33}^{(2)}(t)$$

$i$	0	1	2	3	4
$a_i$	-0.18510	-0.02368	0.01613	-0.02018	-0.02320
$i$	5	6	7	8	9
$a_i$	0.03711	0.02010	0.03731	0.00231	0.01032
$i$	10	11	12	13	14
$a_i$	-0.00919	-0.03593	-0.00399	0.00434	0.01326
$i$	15	16	17	18	19
$a_i$	-0.01052	0.00322	0.00029	-0.02036	-0.00779
$i$	20				
$a_i$	0.00403				

$$Q_{20}^{(3)}(t)$$

$i$	0	1	2	3	4
$a_i$	-0.1386	-0.00891	0.02238	0.01461	0.004391
$i$	5	6	7	8	9
$a_i$	-0.01556	-0.007479	-0.03643	-0.002695	0.03543
$i$	10	11	12	13	14
$a_i$	-0.01949	0.02371	0.01037	0.01376	-0.01136
$i$	15	16	17	18	19
$a_i$	0.004839	0.01521	0.005276	0.01117	0.02281
$i$	20				
$a_i$	-0.01653				

**ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ**

Использованием системы тригонометрических Т-полиномов [3] выполнена аппроксимация результатов измерений из табл.1-4 функцией

$$Q_b(t) = \sum_{i=1}^b a_i \cos[\frac{\pi}{b} \cdot i \cdot t] , \quad (1)$$

Полином, описывающий изменения индекса Кердо И.А.И. обозначим через  $Q_b^{(1)}(t)$ , М.А.В. –  $Q_b^{(2)}(t)$ , Д.А.В. –  $Q_b^{(3)}(t)$ . Значения коэффициентов  $a_i, i = \overline{0, b}$  найдены методом наименьших квадратов (МНК) и помещены в таблице 4.

С использованием выражений

$$M_{(j)}(t) = \frac{1}{b} \int_0^b Q_b^{(j)}(t) dt \quad D_{(j)}(t) = \frac{1}{b} \int_0^b [Q_b^{(j)}(t) - M_{(j)}]^2 dt \quad j = 1,2,3 \quad (2)$$

вычислены значения начальных и центральных моментов

$$M_{(1)} = -0.0, \quad D_{(1)} = 0.00096; \quad M_{(2)} = -0.184, \quad D_{(2)} = 0.0032; \\ M_{(3)} = -0.4, \quad D_{(3)} = 0.0028$$

Ограничимся исследованием стационарности по математическому ожиданию. Выполним предварительные проверки.

Известно [4], что процесс  $Q(t)$  является стационарным по математическому ожиданию, если значение математического ожидания вычисленное как

$$M = \frac{1}{\tau} \int_x^{x+\tau} Q(t) dt \quad (2)$$

не зависит от координат начала отсчета "x", а зависит только от значения длины интервала между сечениями  $\tau$ .

Задавшись надёжностью  $\gamma = 0.9$ , применив метод доверительных интервалов, выполнив вычисления, находим, что для испытуемого И.А.И. при  $\tau = 0$  процесс  $Q_b^{(1)}$  можно считать слабостационарным по математическому ожиданию. Для испытуемого М.А.В. при  $\tau = 3$  процесс  $Q_b^{(2)}$  можно считать слабостационарным по математическому ожиданию. Для испытуемого Д.А.В. при  $\tau = 4$  процесс  $Q_b^{(3)}$  можно считать слабостационарным по математическому ожиданию.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

При  $\tau = 10, 3, 4$  у испытуемых И.А.И, М.А.В., Д.А.В. процесс изменения тонуса вегетативной нервной системы можно считать слабостационарным по мат.ожиданию. Для уточнения предварительных результатов применим аппарат автокорреляционных функций. Известно, что автокорреляционная функция  $K_\tau$  может быть найдена с помощью выражения

$$K(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T Q(t)Q(t + \tau) dt - [M(Q(t))]^2 . \quad (3)$$

Выполнив интегрирование в (3), находим выражения автокорреляционных функций для испытуемых.

$$\begin{aligned}
K_{(1)}(\tau) = & 1.712 \cdot 10^{-6} \cdot \cos(0.9424 \cdot \tau) + 0.00024 \cdot \cos(0.3141 \cdot \tau) + \\
& + 1.67 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(0.157 \cdot \tau) + 3.968 \cdot 10^{-6} \cos(0.7853 \cdot \tau) + \\
& + 6.35 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(0.628 \cdot \tau) + 7.143 \cdot 10^{-6} \cos(0.47 \cdot \tau) + \\
& + 1.67 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(3.14 \cdot \tau) + 1.76 \cdot 10^{-6} \cos(2.98 \cdot \tau) + \\
& + 6.92 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(2.83 \cdot \tau) + 4.01 \cdot 10^{-6} \cos(2.51 \cdot \tau) + \\
& + 1.77 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(2.36 \cdot \tau) + 2.79 \cdot 10^{-5} \cos(2.199 \cdot \tau) + \\
& + 1.199 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(2.042 \cdot \tau) + 0.00012 \cdot \cos(1.727 \cdot \tau) + \\
& + 8.183 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(1.57 \cdot \tau) + 5.24 \cdot 10^{-6} \cdot \cos(1.413 \cdot \tau) + \\
& + 0.00016 \cdot \cos(1.196 \cdot \tau) + 6.8 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(2.67 \cdot \tau) + \\
& + 0.00015 \cdot \cos(1.88 \cdot \tau) + 2.61 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(1.099 \cdot \tau) + 2.9 \cdot 10^{-5} \\
& \qquad \qquad \qquad (4)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
K_{(2)}(\tau) = & 0.0002 \cdot \cos(0.94 \cdot \tau) + 0.0008 \cdot \cos(0.3141 \cdot \tau) + \\
& + 4.225 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(0.157 \cdot \tau) + 8.132 \cdot 10^{-6} \cdot \cos(0.78 \cdot \tau) + \\
& + 0.0007 \cdot \cos(0.63 \cdot \tau) + 2.74 \cdot 10^{-6} \cdot \cos(0.47 \cdot \tau) + \\
& + 4.354 \cdot 10^{-8} \cdot \cos(3.141 \cdot \tau) + 0.00028 \cdot \cos(2.984 \cdot \tau) + \\
& + 5.54 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(2.83 \cdot \tau) + 8.797 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(2.513 \cdot \tau) + \\
& + 0.00021 \cdot \cos(2.356 \cdot \tau) + 5.186 \cdot 10^{-6} \cdot \cos(2.199 \cdot \tau) + \\
& + 9.41 \cdot 10^{-6} \cdot \cos(2.042 \cdot \tau) + 0.00021 \cdot \cos(1.727 \cdot \tau) + \\
& + 3.033 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(1.57 \cdot \tau) + 0.00027 \cdot \cos(1.413 \cdot \tau) + \\
& + 0.00064 \cdot \cos(1.196 \cdot \tau) + 0.000135 \cdot \cos(2.67 \cdot \tau) + \\
& + 7.96 \cdot 10^{-6} \cdot \cos(1.884 \cdot \tau) + 0.0007 \cdot \cos(1.099 \cdot \tau) + 0.000514 \\
& \qquad \qquad \qquad (5)
\end{aligned}$$

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ

$$\begin{aligned}
 K_{(3)}^*(\tau) = & 2.797 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(0.94 \cdot \tau) + 0.00063 \cdot \cos(0.3141 \cdot \tau) + \\
 & + 0.00019 \cdot \cos(0.157 \cdot \tau) + 0.000136 \cdot \cos(0.7853 \cdot \tau) + \\
 & + 0.00066 \cdot \cos(0.63 \cdot \tau) + 3.63 \cdot 10^{-6} \cdot \cos(0.47 \cdot \tau) + \\
 & + 1.39 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(3.141 \cdot \tau) + 3.97 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(2.98 \cdot \tau) + \\
 & + 1.17 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(2.827 \cdot \tau) + 6.46 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(2.513 \cdot \tau) + \\
 & + 6.59 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(2.356 \cdot \tau) + 0.000116 \cdot \cos(2.199 \cdot \tau) + \\
 & + 9.47 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(2.042 \cdot \tau) + 0.0001 \cdot \cos(1.727 \cdot \tau) + \\
 & + 0.00026 \cdot \cos(1.57 \cdot \tau) + 9.655 \cdot 10^{-6} \cdot \cos(1.413 \cdot \tau) + \\
 & + 0.0003 \cdot \cos(1.196 \cdot \tau) + 0.00025 \cdot \cos(2.67 \cdot \tau) + \\
 & + 5.38 \cdot 10^{-5} \cdot \cos(1.884 \cdot \tau) + 0.00012 \cdot \cos(1.099 \cdot \tau) - 0.00026
 \end{aligned}$$

(6)

Известно, что для того, чтобы функция  $K(\tau)$  была автокорреляционной функцией слабостационарного процесса необходимо и достаточно, чтобы

$$1. K_x(\tau) = K_x(-\tau), \quad 2. K_x(\tau) \geq 0. \quad (7)$$

Функции (4),(5),(6) удовлетворяют требованиям 1.(7). Требованию 2.(7) функция (4) удовлетворяет при

$$\tau \in [0, 1.4) \quad (2.7, 4.3) \quad (6.2, 7.2) \quad (0, 1.5) \quad (5, 2) ,$$

функция (5) при

$$\tau \in [0, 2.4) \quad (3.9, 6.7) \quad (9.7, 2.4) \quad (5, 6, 2, 5) '$$

функция (6) при

$$\tau \in [0, 1.7) \quad (1.7, 2.8) \quad (6, 2, 7) \quad (8, 3, 2, 1) '$$

Выполним физиологическую интерпретацию найденных результатов. Разные физиологические состояния, в которых биосистема может находиться весьма длительное время, можно интерпретировать как состояние равновесия (гомеостаза). Такие состояния, характеризующиеся относительным постоянством значений параметров, соответствуют состояниям, являющимся стационарными (слабостационарными). Переход системы из одного стационарного состояния в другое обязательно должен происходить в течение какого-то промежутка времени, в который значения параметров меняются. Этот промежуток в силу изменений значений параметров является нестационарным.

Использование свойств автокорреляционной функции позволило нам по совокупности начальных сведений о процессе найти оценки значений начал и концов временных интервалов, в которых система будет находиться в стационарных и нестационарных состояниях.

Физиологически это означает, что если применением каких-либо практик изменения состояния системы (например, физических нагрузок) мы хотим перевести систему из одного состояния в другое, то время непрерывных практик должно быть равно времени нахождения системы в стационарном состоянии. Например, для испытуемого Д.А.В. время практик должно быть либо 1.7 мин., либо 2.8 мин., либо 17 мин. и т. д. При практической реализации управления системами согласно содержанию рекомендации из работы [5, с.165] время воздействия следует увеличить в 1.1–1.2 раза.

Физиологическим свойством биосистемы чередовать стационарные и нестационарные состояния, по нашему мнению, достаточно полно количественно объясняется ряд проявлений, давно известных в областях, связанных с тренировкой и адаптацией человеческого организма. Например, широко известный, но практически не изученный количественно эффект возникновения так называемого «второго дыхания» у стайеров, эффект внезапной смерти у спортсменов, у которых никакими современными методами медицинской диагностики не выявлялись так называемые «скрытые заболевания». Эффект внезапного резкого ухудшения самочувствия у космонавтов во время космического полета, прошедших длительную успешную предполетную подготовку [2].

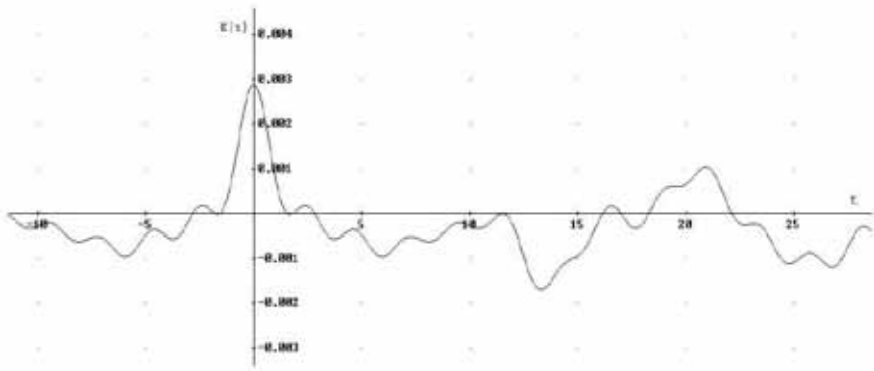


Рис. Графическая интерпретация автокорреляционной функции, записанной в выражении (6)

Примечание: по оси абсцисс – лаг в мин. По оси ординат – значения функции, выражение (6)

## ВЫВОДЫ

Результаты нашего исследования могут быть применены при создании систем синтеза оптимального управления человеческим организмом для решения задач космической физиологии и спортивной медицины [6, 7].

### Література

1. Кердо И. Индекс, вычисляемый на основе параметров кровообращения для оценки вегетативного тонуса. Спортивна медицина. 2009, 1-2: 33–43.
2. Селезнёв В.П., Селезнёва Н.В. Навигационная бионика. М. Машиностроение. 1987.
3. Бернштейн С.Н. Экстремальные свойства полиномов и наилучшее приближение непрерывных функций одной вещественной переменной. Ч. 1. Главная редакция общетехнической литературы. Л. М. 1937.
4. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. Пер. с англ. В.Е.Привального и А.И.Кочубинского. Под. ред. И.Н.Коваленко. М. «Мир». 1989.
5. Курицкий Б.Я. Математические методы в физиологии. Изд. «Наука». Ленинградское отделение. Л. 1969.
6. Дёмин А.В., Иванов А.И., Малый А.В., Орлов О.И. Методическое пособие по математической физиологии. Количественная оценка вегетативных энергозатрат и восстановления человека. Часть 1. М.: Фирма «Слово». 2012.
7. Дёмин А.В., Иванов А.И., Малый А.В., Орлов О.И. Методическое пособие по математической физиологии. Внутренние законы возникновения колебаний тонуса вегетативной нервной системы человека в условиях длительной изоляции. Часть 2. М.: Фирма «Слово». 2012.

А.В. Дьомін, А.І. Иванов, О.В. Малий, С.М. Федоров

### Нове застосування моделювання індексу кердо

ФДБУН Державний науковий центр РФ - Інститут медико-біологічних проблем РАН, Москва,

Санкт-Петербурзька філія Національного дослідницького університету «Вища школа економіки», Санкт-Петербург,

Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика, Київ

Вступ. У роботі міститься опис застосування методів математичної біології для аналізу вимірювань у фізіології людини. Застосована апроксимація Т-системами тригонометричних функцій часових рядів, елементами яких є результати вимірів індексу Кердо.

Мета. Знайти кількісно обгрунтовані рекомендації з управління активністю вегетативної нервової системи випробовуваних за допомогою дозованих фізичних навантажень.

Матеріал і методи. В якості випробовуваних використані добровольці чоловічої статі, практично здорові, не мають асоціальних звичок.

Висновки. Знайдено нове застосування автокореляційних функцій ергодичних і слабкоергодичних процесів для вирішення завдань фізіології, спортивної медицини. Виклад виконано з використанням чисельних прикладів

Ключові слова: індекс Кердо, тонус вегетативної нервової системи людини, аналіз часових рядів, автокореляційні функції, стаціонарність, управління фізіологічними процесами, апроксимація Т-системами Чебишева.



A.V. Demin, A.I. Ivanov, A.I. Maliy, S.M. Fedorov

## New application of kerdo index simulation

The State Scientific Center of the Russian Federation - Institute of Biomedical Problems, RAS, Moscow,

St. Petersburg Branch of the National Research University "Higher School of Economics", St. Petersburg,

Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education, Kiev

**Introduction.** This work contains the description of the application of methods of mathematical biology for the analysis of measurements in human physiology. Has been applied the approximation using T-systems of the trigonometric functions of time series, the elements of which are the results of measurements of the index Kerdo.

**The purpose of the work.** Find quantitatively reasonable recommendations for the management of the activity of the autonomic nervous system of subjects with help of controlled physical exercise.

**Materials and methods.** As subjects we used male volunteers, apparently healthy, with no anti-social habits.

**Conclusions.** A new using of the autocorrelation function of ergodic and weakly ergodic processes for solving problems of physiology, sports medicine was found. The presentation performed with using many examples.

**Key words:** Kerdo index, tone of the autonomic nervous system, time series analysis, autocorrelation, stationarity, physiological processes control, Chebyshev T-systems approximation.

© Е.В. ДЕМИНА, 2013

Е.В. Демина

## СОСТОЯНИЕ СЛУХА У ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПЛЕЕРОВ ПО ДАННЫМ ТОНАЛЬНОЙ ПОРОГОВОЙ АУДИОМЕТРИИ

Харьковский национальный медицинский университет

**Цель.** Изучалось состояние периферического отдела слухового анализатора у лиц, использующих плееры по данным тональной пороговой аудиометрии в обычном и расширенном диапазоне частот.

**Результаты.** Выявлены функциональные изменения слуха, выраженность которых зависела от наличия или отсутствия субъективных симптомов. У пользователей плееров, предъявляющих жалобы аудиологического характера отмечались изменения порогов слуха на всех частотах, у лиц, не имеющих жалоб, такие изменения были зафиксированы в расширенном диапазоне частот.

**Выводы.** Показана важность своевременной диагностики ранних нарушений слуха для профилактики развития сенсоневральной тугоухости.

**Ключевые слова:** пороги слуха, слуховой анализатор, снижение слуха, расширенный диапазон частот.

Сенсоневральная тугоухость (СНТ) является не только медицинской, но и социальной проблемой. В последнее время отмечается тенденция к росту этой