

Т.П. Тананакіна

Порівняльна оцінка періодичної структури α -ритму, кардіоінтервалів і періодів дихання здорових осіб

У роботі оцінювали динамічні складові діяльності центральної нервової, серцево-судинної та дихальної систем в умовах поточного функціонального стану організму на основі аналізу показників роботи цих систем, які були зареєстровані одномоментно в реальному часі. Аналізували спектри потужності коливань амплітуда α -активності, кардіоінтервалів та періодів дихання. Показано, що у всіх спектрах та у всіх досліджуваних є періодичні коливання во всіх трьох частотних діапазонах, які описані для варіабельності сецевого ритму. Однак вони мають різну структуру. В спектрі коливань потужності α -активності переважають повільні та дуже повільні хвилі, а частка швидких коливань не перевищує 10 %. В спектрі варіабельності серцевого ритму швидкі та повільні хвилі складають половину потужності спектра, а другу половину займають дуже повільні хвилі. В спектрі варіабельності ритму дихання переважають швидкі коливання (більше ніж 60 %), є дуже повільні коливання (близько 30 %) і зовсім малу частку займають повільні коливання (близько 10 %).

Ключові слова: електроенцефалограма (ЕЕГ), α -активність, кардіоритмограма, пневмограма, вихідний функціональний стан організму.

ВСТУП

Адаптивні можливості організму визначаються багатьма чинниками, в тому числі респіраторно-гемодинамічною функціональною системою, регуляція якої складно-організована [2, 4, 10, 17, 20, 24]. Перспективним є дослідження хвильових процесів у електричних проявах діяльності центральної нервової, серцево-судинної та дихальної систем [2, 4, 17, 20]. Переважно вивчається кардіоінтервалограма, для її аналізу розроблені міжнародні стандарти [2, 5, 20, 24]. Також виконуються комплексні дослідження з паралельною реєстрацією кардіоінтервалограми, патерну дихання, особливо не спокійного нерегульованого, а керованого, а також артеріального тиску [10, 14, 18, 19]. Спонтанні флуктуації β -активності вивчаються з використанням різних методів та їх результати суперечливі

© Т.П. Тананакіна

[13, 21–23], не зовсім з'ясовані зв'язки флуктуацій поточної потужності β -діапазону електроенцефалограми (ЕЕГ) з ритмічними коливаннями вегетативних процесів [7, 8]. Спектральний аналіз ритмів дихання досліджувався в невеликій кількості робіт [10, 14], а інформації про такий розбір модуляцій поточної потужності α -активності ЕЕГ в доступній літературі нами не знайдено. Також не виявлено відомостей про порівняльний аналіз спектральних характеристик ритмічних проявів одночасно зареєстрованих α -активності ЕЕГ, кардіоінтервалограми й патерну дихання в стані спокійного неспання в умовно здорових осіб. Такий підхід у дослідженні взаємозв'язків діяльності трьох систем (нервової, серцево-судинної та дихальної) може дати інформацію для розуміння фізіологічних механізмів регуляторних процесів вегетативних систем.

Мета нашого дослідження – оцінити динамічні складові роботи центральної нервової, серцево-судинної та дихальної систем в умовах вихідного функціонального стану організму (оперативного спокою) умовно здорових людей на основі аналізу спектрів потужності коливань показників діяльності цих систем, які зареєстровані одномоментно в реальному часі.

МЕТОДИКА

Дослідження проводили в умовах пасивного неспання (м'язовий спокій, відсутність сенсорних стимулів), у середині дня з 14.00 до 16.00, через 10–15 хв після адаптації обстежуваного до обстановки лабораторії, в осінньо-зимовий період. До обстеження методом випадкового відбору було залучено 419 умовно здорових людей обох статей віком від 12 до 52 років (добровольці), які мали різні професії. Дослідження було проведено відповідно до нормативних вимог, що діють в Україні, та норм, які застосовуються у міжнародній практиці – правил ICH GCP, Гельсінської декларації (2000).

Протягом 8 хв одночасно реєстрували ЕЕГ (постійна часу – 0,1, фільтр – 30 Гц), кардіоритмограму та пневмограму. Сигнали з приладів через аналогово-цифровий перетворювач вводили в пам'ять комп'ютера (для ЕЕГ із частотою дискреції 100 Гц, для дихання – 20 Гц, ЕКГ-сигнал перетворювався в R-R-інтервали за допомогою спеціальної програми) для подальшої обробки.

За результатами комп'ютерної обробки записів будували графіки, що відображають тимчасову динаміку миттєвих значень показників і спектри потужностей періодичних складових цих коливань. Детально методику було описано нами раніше [16]. Тимчасові характеристики коливань, що зумовлюють ритмічну діяльність досліджуваних систем, представляли у вигляді

спектра з використанням часової шкали (враховувався час періоду коливань – зворотна частоти). Потужність у діапазонах різних частот спектрів оцінювали у відсотках [11].

Результати електрофізіологічних досліджень аналізували із застосуванням стандартних методів варіаційної статистики за допомогою програми Statistica, а їх розподіл оцінювали за критерієм Шапіро–Уїлкі. Кількісні результати, що не мають нормального розподілу, описували за допомогою медіани й інтерквартильного розмаху. Порівняльний аналіз проводили за допомогою непараметричних методів з використанням критерію Вілкоксона [3, 6].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

При оцінці спектрів потужностей динаміки коливань амплітуди α -активності ЕЕГ, кардіоінтервалів і періодів дихання в усіх обстежених були виявлені періодичні коливання у трьох діапазонах, що описані для варіабельності ритму серця: швидкі, повільні і дуже повільні хвилі. На рис. 1 наведено приклади спектрів коливань показників, які були зареєстровані одночасно в умовно здорових осіб у стані спокійного неспання. Оцінювали спектри потужності кардіоінтервалів і період дихання всіх осіб, які брали участь у обстеженні (419), а амплітуди α -активності – тільки у 311 осіб, у яких був виражений α -ритм. Часова шкала представлення спектра коливань була обрана для зручності візуального порівняння та подальшого статистичного аналізу. Зазвичай амплітуда кожного зі спектрів, що аналізувалися, виражається в різних одиницях. Порівняння таких показників не зовсім коректне, тому було обрано вимірювання амплітуд спектрів у відносних одиницях.

Потужності коливань у різних частотних діапазонах представлено на рис. 2. При побудові діаграми враховувалися середні

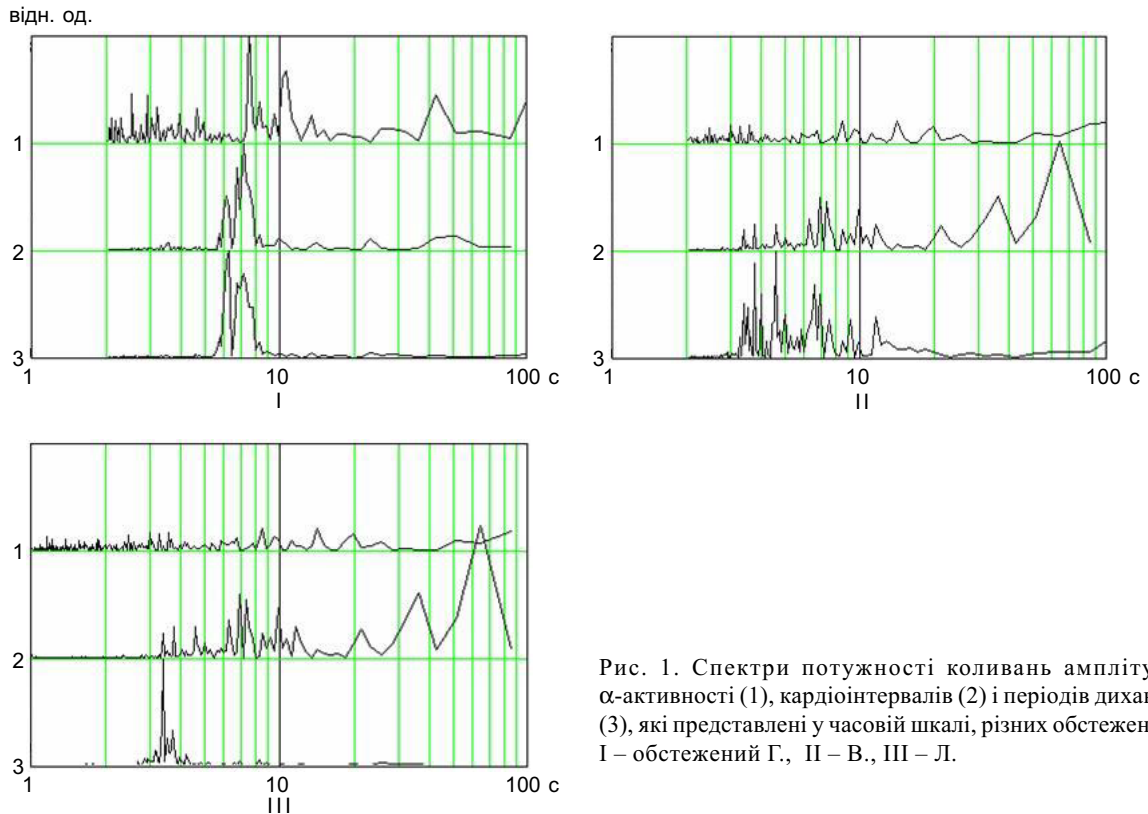


Рис. 1. Спектри потужності коливань амплітуди α -активності (1), кардіоінтервалів (2) і періодів дихання (3), які представлені у часовій шкалі, різних обстежених: I – обстежений Г., II – В., III – Л.

значення нормалізованих одиниць потужності. Досліджувані спектри мають різну структуру. У спектрі коливань потужності α -активності переважають повільні та дуже повільні хвилі, а частка швидких коливань не перевищує 10 %. У спектрі серцевого ритму швидкі й повільні хвилі займають половину потужності спектра, а

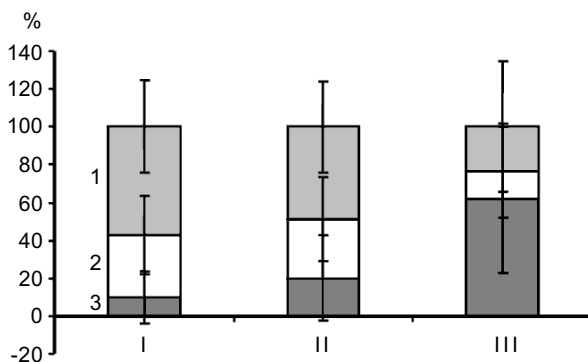


Рис. 2. Структура спектрів α -активності (I), кардіоінтервалів (II) і періодів дихання (III) у всіх обстежених: 1 – дуже повільні хвилі, 2 – повільні хвилі, 3 – швидкі хвилі

другу половину – дуже повільні хвилі. У спектрі варіабельності ритму дихання переважають швидкі (більше ніж 60 %), дуже повільні (близько 30 %) і зовсім малу частку займають повільні коливання (близько 10 %). Розподіл значень потужності спектрів відрізнявся від нормального ($P < 0,01$). Отримані результати порівняльного аналізу показують, що описані вище розходження структури спектрів є статистично значимими (таблиця).

Під час подальшого візуального аналізу оцінювалася кількість піків у кожному діапазоні. Була сформована категоріальна змінна, що кодує кількість піків: 0 – немає піків; 1 – один пік; 2 – два піки; 3 – 3 і більше піків. Як видно з рис. 3, кількість піків у швидкому діапазоні спектра періодів дихання найменша, а найбільше число у цьому діапазоні спостерігається в спектрі коливань α -активності. Слід відзначити, що найбільша кількість піків формується в діапазоні повільних коливань цього самого

Значення потужності в діапазонах різних частот спектрів коливань амплітуди α -активності, кардіоінтервалів і періодів дихання в групі умовно здорових осіб обох статей й різного віку (медіана, нижній і верхній кuartилі)

Спектри	Потужність у діапазонах різних частот спектрів, %		
	Швидкі хвили	Повільні хвили	Дуже повільні хвили
α –Ритму (n = 311)	4,27 (1,14; 12,83)*,**	27,09 (17,53; 48,71)*,**	60,18 (36,96; 75,14)*,**
Кардіоінтервалів (n = 419)	27,03 (12,16; 49,14)*,***	13,33 (6,49; 24,17)*,***	52,64 (32,00; 66,83)*,***
Періоду дихання (n = 419)	52,38 (13,82; 100)**,**	2,78 (0,00; 28,74)**,**	3,76 (0,00; 67,61)**,**

*P – критерій значимості розходжень між значеннями потужності коливань спектра α -ритму й кардіоінтервалів; **P – α -ритму й періодів дихання; ***P – кардіоінтервалів і періодів дихання. Тест Вілкоксона. P<0,01

спектра, у діапазоні дуже повільних коливань найбільше піків у спектрі коливань кардіоінтервалів.

Той факт, що в спектрі потужності коливань періодів дихання переважають швидкі хвили (0,2–0,4 Гц), і в цьому діапазоні частіше зустрічаються випадки формування одного піка, ніж в інших спектрах, може вказувати на відносно стабільні модуляції дихального циклу близько деякого середнього значення, що задається «центральною осцилятором». Це, у свою чергу, відображається на формуванні максимумів спектра коливань кардіоінтервалів у швидкому діапазоні, які також частіше мають по одному піку. Хвили цього діапазону характеризують переважно вплив парасимпатичної нервової системи на серцевий м'яз і дихальний ритм [2, 9]. А в спектрі коливань амплітуди α -активності кори великих півкуль частка швидких коливань дуже мала, і максимуми формуються в основному декількома піками, що може вказувати на стохастичний характер взаємозв'язку кіркової активності з регуляторними механізмами вегетативних систем. Це, можливо, є наслідком нестабільних активуючих впливів на кору великих півкуль з боку стовбурових і підкіркових центрів регуляції парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи при мінімальній м'язовій діяльності [12].

Частка коливань у діапазоні повільних

хвиль (0,04–0,15 Гц) у спектрі дихального циклу виражена незначно, а в спектрах кардіоінтервалів і амплітуди α -активності вона істотно більша (див. таблицю). Причому у спектрі амплітуди α -активності ця частина спектра формується декількома піками частіше, ніж одним (див. рис. 3). Виходячи з того, що хвили цього діапазону в спектрі кардіоінтервалів насамперед пов'язані з активністю симпатичної нервової системи [2, 9], можна припустити наявність ендogenous осцилятора, який активно впливає як на центри симпатичної нервової системи, так і на кору великих півкуль. А при відсутності фізичного навантаження та мінімальному аферентному впливі на організм (стан спокійного неспання) він не впливає на дихальний ритм.

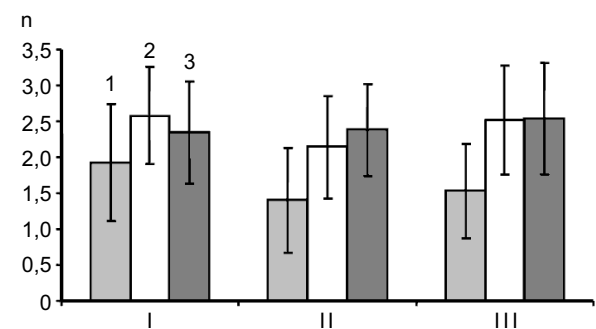


Рис. 3. Середні значення кількості піків у діапазоні швидких (1), повільних (2) і дуже повільних (3) коливань спектрів потужності α -активності (I), кардіоінтервалів (II) і періодів дихання (III) у всіх обстежених. За віссю ординат – середні значення піків

У діапазоні дуже повільних хвиль (0,003–0,004 Гц) найбільша частка потужності була в спектрі амплітуди α -активності. Слід зазначити, що в спектрі періодів дихання частка цих коливань була більшою, ніж повільних, як це видно з рис. 2 та таблиці. У всіх трьох спектрах у цьому діапазоні потужності формувалися декількома піками (див. рис. 2). Значна частка (до 80 %) відносної потужності цього діапазону в спектрах коливань амплітуди α -активності може бути наслідком активуючих впливів з боку гіпоталамічних центрів, які генерують повільні коливання [2, 12]. Наявність низькочастотних хвиль як у спектрі амплітуди α -активності, так і в спектрі кардіоінтервалів, можна пояснити також впливом гіпоталамічних центрів [2, 12]. А мале представництво цього діапазону в спектрі коливань дихальних періодів може вказувати на відносну незалежність дихального ритму в стані спокійного неспання від надсегментарних центрів регуляції вегетативної нервової системи.

Найбільш однорідними виглядають спектри періодів дихання – в усіх обстежуваних формуються піки в діапазоні швидких хвиль і в більшості з них – лише по одному піку. У спектрах кардіоінтервалів формуються піки в цьому діапазоні у більшості обстежуваних (90 %) й у половини з них виражений тільки один пік. У спектрах амплітуди б-активності не формуються піки взагалі у 19 % обстежених, а серед тих, у кого вони виражені, спостерігається по два й більше піків (60%). Інакше кажучи, ділянки спектрів потужності коливань амплітуди α -активності відрізняються значно більшою нестабільністю процесів, які їх формують.

У діапазонах повільних хвиль і дуже повільних хвиль у спектрах амплітуди α -ритму й кардіоінтервалів практично в усіх осіб (понад 90 %) виражені піки. У спектрі ж коливань дихальних періодів у діапазоні повільних хвиль тільки в 52,7 % випадків, а у діапазоні дуже повільних хвиль – в 63,7 % формуються піки. У більшості обстежуваних

у цьому діапазоні в усіх трьох спектрах формується по 2 або 3 та більше піків.

Середня кількість піків, що формуються в ділянці спектральних діапазонів, характеризують стан регуляторних механізмів, відображаючи або процеси стабілізації, або, навпаки, стохастичний характер впливів на регульовані системи [9, 14].

ВИСНОВКИ

1. При вихідному функціональному стані організму в умовно здорових людей спектри потужностей коливань амплітуди α -активності ЕЕГ, кардіоінтервалів і періодів дихання мають періодичні хвилі в усіх трьох діапазонах, які описані для варіабельності ритму серця, але мають різну структуру.

2. У спектрі коливань амплітуди потужності α -активності переважають повільні (33 %) й дуже повільні хвилі (57 %), а частка швидких коливань не перевищує 10 %. Усі діапазони характеризуються нестабільністю процесів, які їх формують.

3. У спектрі серцевого ритму швидкі (20 %) й повільні хвилі (32 %) становлять майже половину потужності спектра, а другу половину (48 %) займають дуже повільні хвилі. Коливання швидких хвиль стабільні, а повільних і дуже повільних – відображають стохастичний характер регуляторних впливів на серцевий ритм.

4. У спектрі варіабельності ритму дихання переважають стабільні швидкі коливання (62 %). Представлені дуже повільні коливання (24 %), і зовсім малу частку займають повільні коливання (близько 14 %), які формуються декількома піками й вказують на стохастичний характер регуляторних впливів.

5. Структурна специфіка спектра дихального ритму, при порівнянні зі спектром варіабельності кардіоінтервалів, у практично здорових людей в умовах вихідного функціонального стану вказує на морфофункціональні особливості регуляторних механізмів серцево-судинної та дихальної

систем, а також на відносну незалежність дихального ритму від симпатичної регуляції.

6. Структурна специфіка спектра модуляцій амплітуди α -активності, при порівнянні зі спектром варіабельності кардіоінтервалів, у практично здорових людей в умовах вихідного функціонального стану відбиває впливи гіпоталамічних центрів регуляції симпатичної ланки вегетативної нервової системи більшою мірою, ніж парасимпатичної

Т.П. Тананакина

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ α -РИТМА, КАРДИОИНТЕРВАЛОВ И ПЕРИОДОВ ДЫХАНИЯ У ЗДОРОВЫХ ЛИЦ

В работе оценивались динамические составляющие деятельности центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем в условиях текущего функционального состояния организма на основе анализа параметров работы этих систем, зарегистрированных одновременно в реальном времени. Анализировались спектры мощности колебаний амплитуды α -активности, кардиоинтервалов и периодов дыхания. Показано, что во всех спектрах и у всех обследуемых есть периодические колебания во всех трех частотных диапазонах, описанных для ВРС. Исследуемые спектры имеют разную структуру. В спектре колебаний мощности α -активности преобладают медленные и очень медленные волны, а доля быстрых колебаний не превышает 10%. В спектре вариабельности сердечного ритма быстрые и медленные волны составляют половину мощности спектра, а вторую половину занимают очень медленные волны. В спектре вариабельности ритма дыхания преобладают быстрые колебания (более 60%), представлены очень медленные колебания (около 30%) и совсем малую долю занимают медленные колебания (около 10%).

Ключевые слова: электроэнцефалограмма (ЭЭГ), α -активность, кардиоритмограмма, пневмограмма, исходное функциональное состояние организма.

T.P. Tananakina

COMPARATIVE EVALUATION OF PERIODICAL STRUCTURE OF ALPHA-ACTIVITY, CARDIO-INTERVALS AND RESPIRATORY PATTERN IN THE GROUP OF RELATIVELY HEALTHY PEOPLE OF DIFFERENT AGE AND GENDER

Dynamic components of central nervous, cardio-vascular and respiratory systems in the conditions of present functional state of the body were evaluated on the basis of analysis of

these system parameters registered simultaneously in the real-time regime. Power distributions of amplitude fluctuations of alpha-activity, cardio-intervals and respiratory periods were analyzed. It was shown that all the subjects in all the power distributions have periodical fluctuations in all three frequency ranges described for cardiac rhythm variability (CRV). The studied spectrums have different structure. In power distributions of amplitude fluctuations of alpha-activity, slow and very slow waves are prevailing and fast waves constitute only 10%. In the spectrum of cardiac rhythm variability, fast and slow waves take half of all the power distributions, while another half is taken by very slow waves. In the spectrum of respiration rhythm, fast waves prevail (more than 60%), along with this there are very slow waves (30%) and slow waves which take just 10%.

Key words: electroencephalogram (EEG), alpha-activity, cardiorhythmogram, pneumogram, initial functional state of the body.

Lugansk State Medical University, Ukraine

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баевский Р.М., Иванов Г.И., Чирейкин Л.В. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации)// Вестн. аритмологии. – 2001. – №24. – С.65–87.
2. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
3. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. (+CD). – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
4. Бреслав И.С. Особенности регуляции дыхания человека. –Л.: Наука, 1994. – 473 с.
5. Вариабельность сердечного ритма. Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования. Рабочая группа Европейского Кардиологического Общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии // Вестн. аритмологии. – 1999. – № 11. – С. 53–78.
6. Ермолаев О.Ю. Математическая статистика для психологов: Учебник. – 2-е изд., испр. – М.: Моск. психол.-социальн. ин-т Флинта, 2003. – 336 с.
7. Ильичев В.П., Бебинов Е.М., Бебинов С.Е., Зарифьян А.Г. Характеристики кардиоинтервалограммы у студентов младших курсов КРСУ с различными типами электроэнцефалограммы// Вестн. КРСУ. – 2003. – №7. – С.34–39.
8. Каплан А.Я., Шишкин С.Л. Кардиосинхронные феномены работы мозга: психофизиологические аспекты // Биол. науки. – 1992. – №10. – С. 5–24.
9. Котельников С.А., Ноздрачев А.Д., Одинак М.М. и др. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах// Физиология человека. – 2002. – 28, №1. –

- С.130–143.
10. Кузнецова О.В., Сонькин В.Д. Спектральный анализ variability ритмов сердца, артериального давления и дыхания у детей 8–11 лет в покое// Там же. – 2005. – **31**, № 1. – С.39–45.
 11. Кулаичев А.П. Компьютерная электрофизиология/ Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. – 397 с.
 12. Лиманский Ю.П. Рефлексы ствола мозга. – К.: Наук. думка, – 1987. – 96 с.
 13. Мальцева И.В., Маслобоев Ю.П. Параметры α -ритма и продуктивность запоминания// Физиология человека. – 1996. – **22**, № 3. – С. 11–17.
 14. Михайлов В.М. Variability ритма сердца. Опыт практического применения. – Иваново: Изд-во Иванов. гос. мед. академии, 2000. – 200с.
 15. Покровский В.М. Иерархия уровней сердечного ритмогенеза как фактор в улучшении надежности деятельности сердца // Med. Hypothes. – 2006. – **66**, № 1. – P. 158–164.
 16. Хасабов Г.А., Тананакина Т.П., Задорожный С.П., Корчиков С.Д. Компьютерный анализ функциональных параметров организма как основа изучения его физиологической индивидуальности// Архив клин. и эксперим. медицины. – 1998. – 7, №1. – С.28–33.
 17. Шик Л.Л. Основные черты управления дыханием// Успехи физиол.наук. –**29**, №2. – 1998. – С. 3–11.
 18. Bavis R.W., Mitchell G. S. Long-term effects of the perinatal environment on respiratory control// J. Appl. Physiol. – 2008. – **104**. – P.1220–1229.
 19. Kotani K., Takamasu K., Jimbo Y. et al. Postural-induced phase shift of respiratory sinus arrhythmia and blood pressure variations: insight from respiratory-phase domain analysis// Amer. J. Physiol. Heart. Circulat. Physiol. – 2008. – **294**. – P.1481–1489.
 20. Holmqvist F., Stridh M., Waktare J., Brandt J. et al. Rapid fluctuations in atrial fibrillatory electrophysiology detected during controlled respiration // Ibid. – 2005. – **289**. – P.784–760.
 21. Matejcek M. Vigilance and the EEG: psychological, physiological and pharmacological aspects. – In: Electroencephalography in Drug Research / Herrmann W.M. (Ed.). – Stuttgart: Fisher, 1982. – P. 405–508.
 22. Mimura K. On the periodic fluctuation of alpha waves // Jap. J. Physiol. – 1971. – **21**, № 4. – P. 375–386.
 23. Novak P., Lepicovska V., Dostalek C. Periodic amplitude modulation of EEG // Neurosci. Lett. – 1992. – **136**, № 2. – P. 213–215.
 24. Valipour A., Schneider F., Kussler W. et al. Heart rate variability and spontaneous baroreflex sequences in supine healthy volunteers subjected to nasal positive airway pressure// Appl. Physiol. – 2005. – **99**. – P.2137–2143.

Луган. мед. ун-т
E-mail: Tanaislg@mail.ru

Матеріал надійшов до
редакції 02.12.2008