

**І.С. ФЛЮНТ, О.Б. ТИМОЧКО, Р.Ф. ГРИВНАК, О.Я. ОЛІЯРНИК, Р.Ю. РОМАНСЬКИЙ,
С.П. ТКАЧУК**

ЗВ'ЯЗКИ ПОКАЗНИКА АКТИВНОСТІ РЕГУЛЯТОРНИХ СИСТЕМ БАЄВСЬКОГО З ПАРАМЕТРАМИ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ

Проанализированы связи показателя активности регуляторных систем Баевского (ПАРС) с другими параметрами variability сердечного ритма (ВСР). Продемонстрирован нелинейный характер связей. Предложено уравнение, позволяющее вычислять ПАРС по величине стресс-индекса.

ВСТУП

Ще напочатку 80-х років минулого століття Баєвським Р.М. [3] був запропонований показник активності регуляторних систем (ПАРС) для кількісної (в балах) оцінки функціонального стану організму і його адаптаційних можливостей. З цього часу алгоритм розрахунку ПАРС і класифікація функціональних станів неодноразово переглядалися [1,2]. З огляду на важливу роль загальних адаптаційних реакцій в клініці внутрішніх хвороб [8] та адаптогенний механізм лікувально-профілактичної дії бальнеочинників курорту Трускавець [9], запровадження ПАРС в практику курорту вельми перспективне. Позаяк алгоритм розрахунку ПАРС досить громіздкий, а автоматичне його визначення здійснюється далеко не всіма серійними апаратно-програмними комплексами, які експлуатуються в діагностичних та лікувальних закладах, ми поставили перед собою мету розробити простий спосіб визначення ПАРС через рівняння множинної регресії.

МАТЕРІАЛ І МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом спостереження були 40 осіб обох статей віком 35-55 років, котрі перебували на реабілітації на курорті Трускавець з приводу хронічних гастроентерологічних, гінекологічних і урологічних захворювань. Застосувавши апаратно-програмний комплекс „КардіоЛаб+ВСР” (в-ва “ХАИ-МЕДИКА”, Харків), в стані спокою впродовж 5 хв реєстрували ЕКГ у II стандартному відведенні для отримання ПАРС та параметрів варіабельності серцевого ритму (ВСР).

Аналізу підлягали наступні параметри, умовно розділені на три групи [1,2]. По-перше, класичні показники Баєвського: мода (M_o) – значення RR-інтервалу, які зустрічаються найчастіше, відображає найбільш ймовірний рівень функціонування систем регуляції; амплітуда моди (A_{M_o}) – доля (в %) кардіоінтервалів, що відповідає значенню моди, відображає активність симпатичної ланки регуляції (симпатичний тонус); варіаційний розмах (B_P) – різниця між максимальним і мінімальним значеннями нормальних кардіоінтервалів, раніше вважався корелятом вагального тону, зараз – як критерій максимальної амплітуди регуляторних впливів вегетативної нервової системи; індекс вегетативної рівноваги (A_{M_o}/B_P), відображає співвідношення симпатичної і парасимпатичної регуляції; вегетативний показник ритму ($1/M_o * B_P$), вважається мірою вегетативного балансу: що менша його величина, то більше вегетативний баланс зміщений в бік переваги парасимпатичної регуляції; показник адекватності процесів регуляції (A_{M_o}/M_o), відображає відповідність між рівнем функціонування синусового вузла і симпатичною активністю; стрес-індекс Баєвського (індекс напруження регуляторних систем), розраховується за формулою: $A_{M_o}/2 * M_o * B_P$, відображає ступінь централізації управління ритмом серця і характеризує активність симпатичного відділу вегетативної нервової системи (ступінь переважання активності центральних механізмів регуляції над автономними), за іншою версією, характеризує симпато-парасимпатичний баланс.

Другу групу склали так звані часові параметри ВСР. Частота серцевих скорочень (HR), відображає поточний рівень функціонування серцево-судинної системи як сумарний ефект регуляції; SDDN (standart deviation of all NN intervals), теж відображає сумарний ефект вегетативної регуляції, є оберненою мірою активності симпатичного відділу ВНС; коефіцієнт варіації (C_v), є нормованим показником SDDN; RMSSD (the square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent NN intervals), характеризує активність парасимпатичної ланки ВНС; триангулярний ьндекс (HRV T_i), визначається як відношення загальної кількості RR-інтервалів до амплітуди моди, відображає загальну ВСР, корелят парасимпатичної активності; pNN_{50} (доля в % NN-інтервалів, які

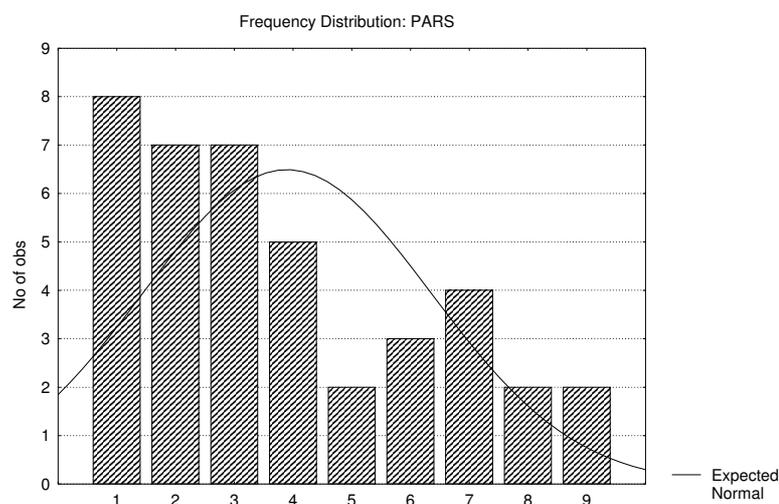
відрізняються від сусідніх більш ніж на 50 мс, серед всіх NN-інтервалів), показник ступеню переваги парасимпатичної ланки регуляції над симпатичною.

Третя група – спектральні показники ВСР. Сумарна потужність спектру (TP), характеризує абсолютний рівень активності регуляторних систем. Потужність спектру дуже низькочастотної складової варіабельності (VLF, як абсолютна, так і у % від TP). Вважають, що вона відображає гуморальну регуляцію (ренін-ангіотензин-альдостеронова система, циркулюючі катехоламіни, системи терморегуляції) [7], церебральні ерготропні впливи на підлеглі рівні, вплив вищих вегетативних центрів на серцево-судинний підкірковий центр, стан нейро-гуморального і метаболічного рівнів регуляції і може використовуватися як надійний маркер ступеня зв'язку автономних (сегментарних) рівнів регуляції кровообігу з надсегментарними, в тому числі з гіпофізарно-гіпоталамічним і кірковим рівнями [1,2,5], інші автори [4] цей параметр пов'язують з симпатичною активністю. Потужність низькочастотної складової спектру (варіанти LF, LF%, LFnorm), характеризує стан симпатичного відділу вегетативної нервової системи, зокрема, рівень активності вазомоторного центру [1,2], або симпато-парасимпатичну модуляцію барорефлекторної природи [4,5,6,7]. Потужність високочастотної складової спектру (три варіанти), характеризує рівень вагусної активності [1-7,10]. Похідні параметри: симпато-парасимпатичний баланс LF/HF і індекс централізації [IC=(LF%+VLF%)/HF%]. Останній характеризує переважання активності центрального контуру регуляції над автономним.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На першому етапі дослідження проаналізовано розподіл обстеженого контингенту за індивідуальними ПАРС. Виявлено (рис. 1), що 9 осіб (22,5%) знаходились в стані **норми** (ПАРС=1), тобто повної або достатньої рівноваги організму з довкіллям. Для цього стану характерні достатні функціональні (адаптаційні) можливості (резерви). Висока (задовільна) пристосовуваність організму до поточних умов досягається при мінімальному напруженні регуляторних систем.

Рис. 1. Гістограма показників активності регуляторних систем (PARS)



У 7 пацієнтів ПАРС склав 2 бали, у інших 7 – 3 бали, ще у 5 – 4 бали. Отже, у 47,5% обстежених констатовано **помірне функціональне напруження**. Такий стан відображає донозологічні стани, за яких функції організму реалізуються вищим, ніж в нормі, напруженням регуляторних систем, тобто механізми регуляції працюють з підвищеним навантаженням.

Виражене функціональне напруження (5 і 6 балів) діагностовано у 5 пацієнтів (12,5%). Воно відображає преморбідний стан, що характеризується зниженням функціональних резервів і незадовільною адаптацією організму до умов довкілля та призводить до прискореного використання життєвих ресурсів і розвитку захворювань.

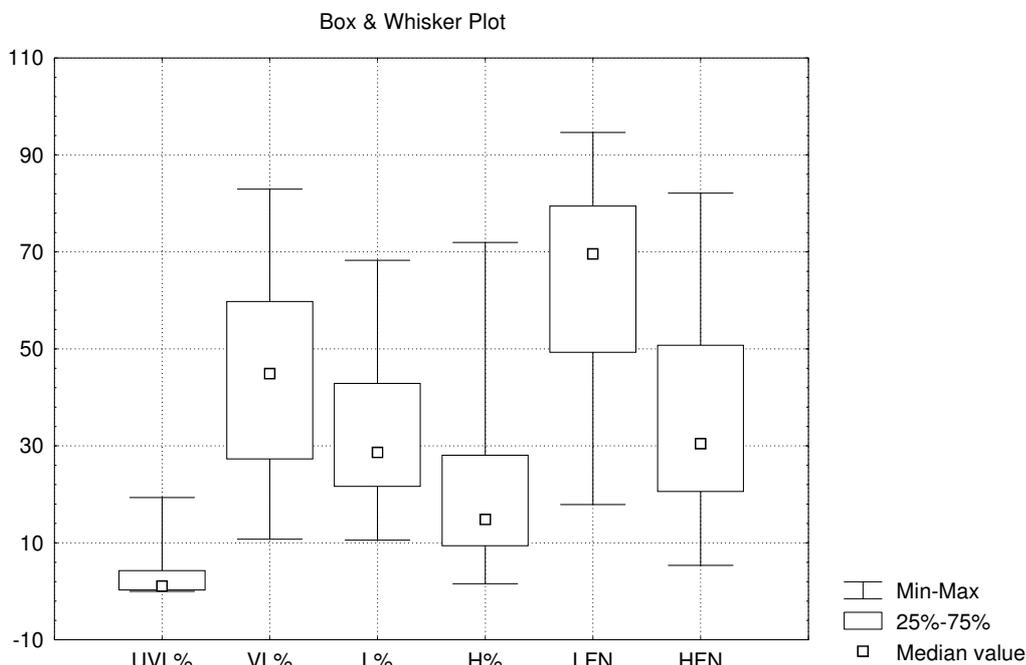
Ще у 6 хворих (15%) виявлено **різко виражене функціональне напруження** (7 і 8 балів), тобто стан незадовільної адаптації з різким зниженням функціональних можливостей організму. Він характеризується наявністю симптомів захворювань і свідчить про недостатність функціональних резервів.

Нарешті, лише у 2 випадках (5%) було констатовано **астенізацію регуляторних систем** (ПАРС=9), тобто зрив адаптаційних процесів, виснаження регуляторних систем, нездатність організму підтримувати рівновагу з довкіллям, що характерно для загострення патологічного стану.

Отже, обстежений контингент охоплює всю палітру станів регуляторних систем, тобто цілком репрезентабельний.

Уявлення про діапазони спектральних показників ВСР дає рис. 2.

Рис. 2. Характеристики відносних і нормованих потужностей складових спектру



Згідно з інструкцією [1,2], обчислення ПАРС здійснюється за спеціальним алгоритмом, що враховує наступні 5 локальних критеріїв. По-перше, сумарний ефект регуляції за показником HR. За нашими даними, кореляція HR і ПАРС лише помірна ($r=0,45$). По-друге, сумарну активність регуляторних механізмів за SDNN або TP. За нашими даними, кореляція ПАРС з першим показником теж помірна ($r=-0,32$), а з другим – і зовсім слабка ($r=-0,19$). По-третє, сумарну активність симпатичного відділу ВНС за стрес-індексом ($r=0,71$) або вегетативний баланс за АМо ($r=0,46$), ІС ($r=0,36$), RMSSD ($r=-0,31$) і Cv ($r=-0,28$). Слід відзначити також помірні зв'язки ПАРС з компонентами формули для стрес-індексу: ВР ($r=-0,45$), ($r=-0,38$), вегетативним показником ритму ($r=0,67$), індексом вегетативної рівноваги ($r=0,65$) і показником адекватності процесів регуляції ($r=0,60$). Натомість з індексом LF/HF, всупереч очікуванням, кореляція ПАРС слабка ($r=0,29$). Ще слабші зв'язки ПАРС з параметрами четвертого критерію - активності вазомоторного центру, репрезентованої LFnorm ($r=0,25$) LF ($r=-0,20$). Параметр п'ятого критерію – активності серцево-судинного підкоркового нервового центру або надсегментарних рівнів регуляції – VLF% теж слабо корелює з ПАРС ($r=0,21$). Разом з тим, виявлено аналогічну кореляцію ПАРС з абсолютною потужністю спектру вкрай дуже низькочастотної (UVLF) складової варіабельності ($r=-0,21$), яка поки що не піддається фізіологічній інтерпретації.

Результати кореляційного аналізу дали нам підставу надалі зосередитися на детальнішому з'ясуванні вкладу у величину ПАРС стрес-індексу і його елементів.

Передовсім виявлено, що обстежений контингент репрезентує всю палітру можливих величин стрес-індексу - від 40 до 760 од (рис. 3).

Разом з тим, співвідношення між величинами ПАРС і СІ далеко не однозначні. Як видно на 2D-гістограмі (рис. 4), при тому чи іншому окремому діапазоні стрес-індексу зустрічаються різні групи функціональних станів.

Рис. 3. Гістограма стрес-індексів (SI) Баєвського

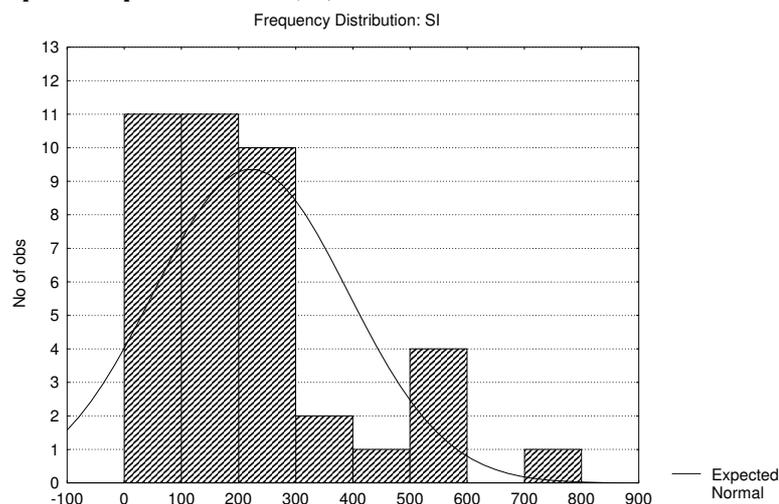
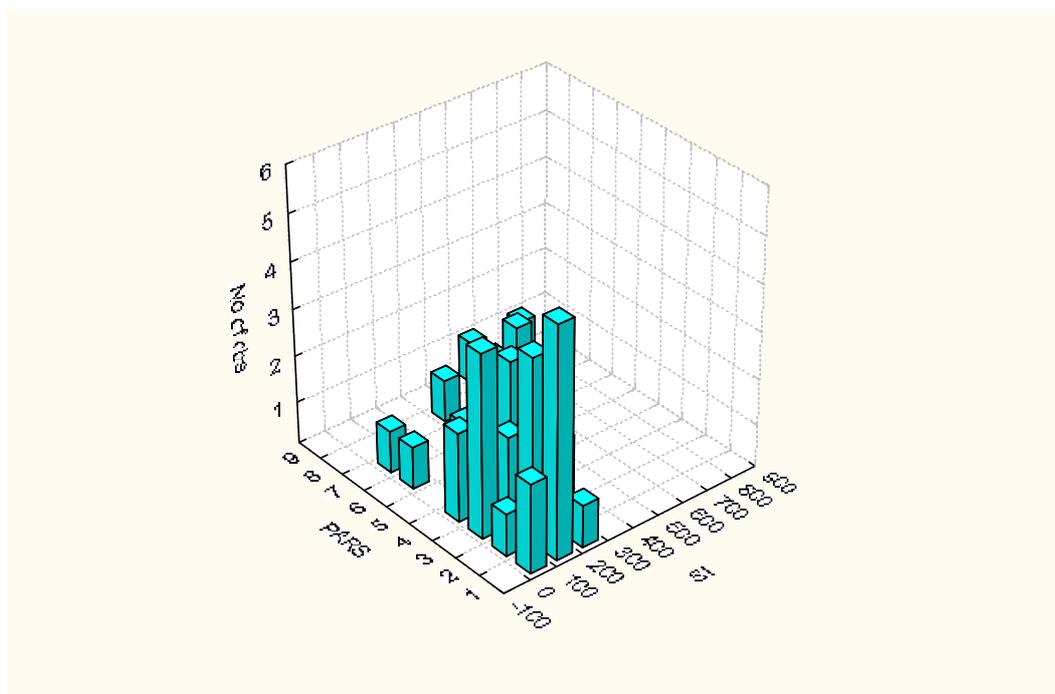


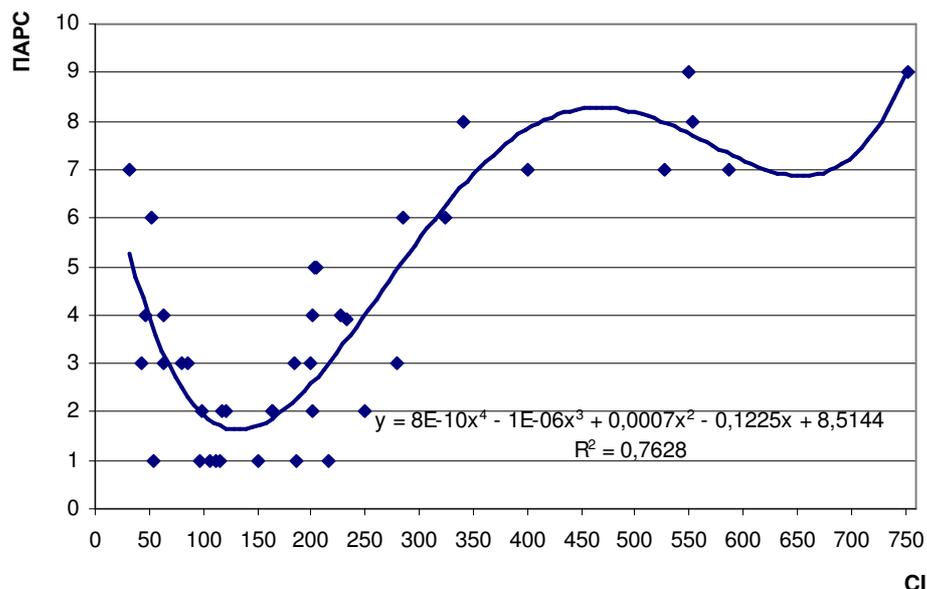
Рис. 4. 2D-гістограма ПАРС і СІ



Детальніше така ситуація ілюструється рис. 5. Видно, що нормальні ПАРС, як правило, мають місце у осіб із нормальними стрес-індексами, тобто з ейтонією (для даної вікової групи діапазн норми 80-180 од). Зміщення ж стрес-індексу в бік як ваготонії, так і симпатотонії асоціюється із ростом ПАРС, з виходом на плато після досягнення гіперсимпатотонії (СІ понад 500 од). Отже, залежність ПАРС від стрес-індексу має нелінійний характер і задовільно апроксимується кривою четвертого порядку. Знаменно, що мінімум функції (ПАРС) практично співпадає з серединою діапазону норми стрес-індексу (130 од).

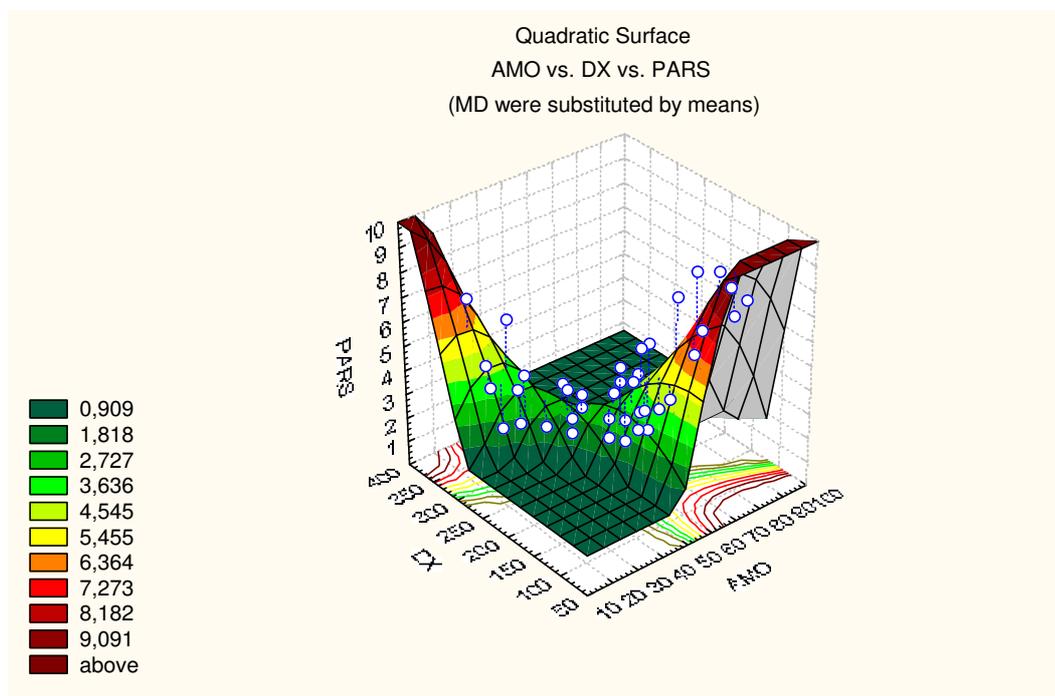
Приведена крива та її рівняння уможливають розрахунок індивідуальних ПАРС за стрес-індексами.

Рис. 5. Залежність показника активності регуляторних систем (ПАРС) від стрес-індексу (СІ)



Нелінійний характер має також залежність ПАРС від елементів індексу вегетативної рівноваги (рис. 6) – він нормальний саме за симпато-вагального балансу та зростає при виході поза зону оптимуму як вагального, так і симпатичного тонусів.

Рис. 6. Залежність показника активності регуляторних систем (PARS) від варіаційного розмаху (DX) і амплітуди моди (АМО)



Якщо у перелік детермінаторів ПАРС включити, крім СІ, низку інших показників, то коефіцієнт детермінації не лише не зростає, а навіть зменшиться від 0,76 до 0,71, що зумовлено саме нелінійним характером детермінації.

$$PARS = 4,53 + 0,0096 * CI + 0,0133 * HR - 0,21 * SDNN - 0,0011 * UVLF + 0,0029 * VLF + 0,0024 * LF + 0,0025 * HF$$

$R = 0,84; R^2 = 0,71; F_{(7,3)} = 10,9; p < 10^{-5}; m = 1,5.$

З огляду на умовність групування параметрів ВСР нами зроблено спробу здійснити власне групування на основі факторного аналізу (метод головних компонент [11]). Встановлено (табл. 1), що 92% інформації про ВСР конденсується у 5 головних компонент (ГК).

Таблиця 1. Кластери факторних навантажень (Equamax normalized), що детермінують косокутні фактори для ієрархічного аналізу параметрів ВСР

Параметр	ГК1	ГК2	ГК3	ГК4	ГК5
SDNN	0,99				
TP (HF+LF+VLF+UVLF)	0,97				
BP (MxDMn)	0,96				
HRV Ti	0,96				
Cv	0,92		0,25		
LF	0,92	0,20			
AMo	-0,91	0,22	0,20		
Індекс вегетативної рівноваги (AMo/BP)	-0,81		0,39		0,29
VLF	0,78	0,39			0,28
RMSSD	0,77	-0,56		0,26	
Стрес-індекс Басвського (AMo/2*Mo*BP)	-0,75		0,58		
Показник адекватності процесів регуляції(AMo/Mo)	-0,75		0,58		
pNN ₅₀	0,70	-0,57		0,30	
HF	0,65	-0,64	0,20	0,22	
HFnorm [HF/(TP-VLF)]	0,24	-0,94			
LFnorm [LF/(TP-VLF)]	-0,24	0,94			
HF%	0,36	-0,88		0,21	
LF/HF		0,76	0,28	0,26	
Індекс централізації [(LF%+VLF%)/HF%]		0,65	0,29		0,41
HR	-0,32		0,80	-0,28	-0,33
Mo	0,32		-0,79	0,29	0,31
Вегетативний показник ритму (1/Mo*BP)	-0,56		0,71		
Показник активності регуляторних систем	-0,31	0,18	0,64	0,20	0,30
UVLF%				-0,91	
UVLF	0,29			-0,90	
LF%		0,39		0,24	-0,86
VLF %	-0,28	0,56		-0,20	0,69
Доля відтворюваної дисперсії (%)	50,4	15,1	10,4	8,6	7,1
Кумулятивна доля пояснюваної дисперсії (%)	50,4	65,5	75,9	84,5	91,6
Власне число	14,1	4,2	2,9	2,4	2,0
Коефіцієнт канонічної кореляції	0,93	0,81	0,74	0,71	0,66

При цьому 50,4% дисперсії інформаційного поля пояснюється 14 параметрами, об'єднаними у першу ГК. Саме їх ми пропонуємо розглядати в якості першочергових (мажорних) параметрів ВСР. Ще 15,1% мінливості поглинають 5 параметрів, об'єднаних у другу ГК. ПАРС опинився лише у третій ГК, параметри якої пояснюють лише 10,4% дисперсії інформаційного поля ВСР. Решта 4 параметри, розпорознені у двох останніх ГК, малоінформативні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии.-2001.-№24.-С. 65-87.
2. Баевский Р.М., Иванов Г.Г. Variability сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика.-2001.-№3.-С. 106-127.
3. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе.-М.: Наука, 1984.- 221 с.
4. Коркушко О.В., Писарук А.В., Шатило В.Б. Значение анализа variability ритма сердца в кардиологии: возрастные аспекты // Кровообіг та гемостаз.-2009.-№1-2.-С. 127-139.
5. Котельников С.А., Ноздрачев А.Д., Одинок М.М. и др. Variability ритма сердца: представления о механизмах // Физиология человека.-2002.-28,№1.-С. 130-141.
6. Методы анализа и возрастные нормы variability ритма сердца. (Методические рекомендации) / Коркушко О.В., Шатило В.Б., Писарук А.В. и др.- УкрНИИ геронтологии АМН Украины.- К., 2005.-35 с.
7. Михайлов В.М. Variability ритма сердца. Опыт практического применения метода.-Иваново, 2000.-200 с.
8. Радченко О.М. Адаптаційні реакції в клініці внутрішніх хвороб.- Львів: Ліга-Прес, 2004.- 232 с.
9. Чорнобиль, пристосуально-захисні системи, реабілітація / Костюк П.Г., Попович І.Л., Івасівка С.В. та ін.- К.: Комп'ютерпрес, 2006.- 348 с.
10. Heart Rate Variability. Standarts of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation.-1996.-93,№5.-P. 1043-1065.
11. Kim J.-O., Mueller Ch.W. Factor analysis: statistical methods and practical issues (Elevent Printing, 1986) // Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ./ Под ред. И.С.Енюкова.- М.: Финансы и статистика, 1989.- С.5-77.

**I.S. FLYUNT, O.B. TYMOCHKO, R.F. HRYVNAK, O.Ya. OLIYARNYK,
R.Yu. ROMANS'KYI, S.P. TKACHUK**

**RELATIONSHIPS OF INDEX ACTIVITY OF REGULATORY SYSTEMS FROM
BAYEVSKY WITH PARAMETERS OF HEART RHYTHM VARIABILITY**

It is analysed relationships of index activity of regulatory systems from bayevsky with parameters of heart rhythm variability. It is shown nonlinear character those relationships. Equation for calculation of index activity of regulatory systems is proposed.

Key words: index activity of regulatory systems, heart rhythm variability, relationships.

Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І.Я. Франка МОНМС України;
ЗАТ “Трускавецькурорт”, м. Трускавець;
Санаторій “Арніка”, м. Трускавець

Дата поступлення: 13.04.2011 р.