



DOI: <https://doi.org/10.32652/spmed.2018.2.88-92>

Підходи до встановлення нормативних значень показників структурно-лінгвістичного аналізу варіабельності серцевого ритму у спортсменів

УДК 796:615.817+616-074

В. М. Ільїн, М. М. Філіппов, К. О. Апихтін

Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна

Резюме. *Мета.* Розробити методичні підходи до встановлення нормативних значень показників структурно-лінгвістичного аналізу варіабельності серцевого ритму для кваліфікованих спортсменів. *Методи.* У дослідженнях взяли участь 45 футболістів 14–18-річного віку в підготовчий період перед змаганнями. Було проведено фонові і навантажувальні ритмокардіографічні дослідження за допомогою програмно-апаратного комплексу. Для аналізу показників варіабельності серцевого ритму застосовано структурно-лінгвістичний підхід.

Результати. За допомогою спектральних формул можна описати 16 основних функціональних станів організму і можливі його реакції на зміни зовнішнього і внутрішнього середовища різної інтенсивності і тривалості з урахуванням основних положень концепції про ультрастабільність організму. У процесі аналізу ритмокардіограм, зареєстрованих у стані спокою і під час функціональних навантажень спортсменів, виявлено 13 із 16 можливих типів спектрів потужності ритму серця. Отримано усереднені значення найбільш інформативних і значущих показників структурно-лінгвістичного аналізу варіабельності серцевого ритму у футболістів-юнаків. Ці значення слід розглядати як орієнтовні для розрахунку стандартів. *Висновки.* У процесі досліджень випробувано методичні підходи та математичний апарат для визначення нормативних значень показників структурно-лінгвістичного аналізу варіабельності серцевого ритму для спортсменів різних видів спорту.

Ключові слова: варіабельність серцевого ритму, структурно-лінгвістичний аналіз, нормативні значення.

Подходы к установлению нормативных значений показателей структурно-лингвистического анализа вариабельности сердечного ритма у спортсменов

В. Н. Ильин, М. М. Филиппов, К. О. Апыхтин

Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев, Украина

Резюме. *Цель.* Разработать методические подходы к установлению нормативных значений показателей структурно-лингвистического анализа вариабельности сердечного ритма для квалифицированных спортсменов. *Методы.* В исследованиях принимали участие 45 футболистов 14–18-летнего возраста в подготовительный период перед соревнованиями. Проводились фоновые и нагрузочные ритмокардиографические исследования с помощью программно-аппаратного комплекса. Для анализа показателей вариабельности сердечного ритма применяли структурно-лингвистический подход. *Результаты.* С помощью спектральных формул можно описать 16 основных функциональных состояний организма и возможные его реакции на изменения внешней и внутренней среды различной интенсивности и продолжительности с учетом основных положений концепции об ультрастабильности организма. При анализе ритмокардиограмм, зарегистрированных в состоянии покоя и при функциональных нагрузках спортсменов, выявлено 13 из 16 возможных типов спектров

мощности ритма сердца. Получены усредненные значения наиболее информативных и значимых показателей структурно-лингвистического анализа вариабельности сердечного ритма у футболистов-юношей. Эти значения следует рассматривать как ориентировочные для расчета стандартов. *Выводы.* В процессе исследований апробированы методические подходы и математический аппарат для определения нормативных значений показателей структурно-лингвистического анализа вариабельности сердечного ритма для спортсменов разных видов спорта.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, структурно-лингвистический анализ, нормативные значения.

Approaches to establishment of normative values of indices of structural and linguistic analysis of cardiac rhythm variability in sportsmen

V. M. İlyin, M. M. Filippov, K. O. Apyhtin

National University of Physical Education and Sport of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Abstract. *Aim.* To develop methodical approaches to the establishment of normative values of indices of structural and linguistic analysis of cardiac rhythm variability for skilled athletes. *Methods.* The research involved 45 footballers aged 14–18 in the preparatory period prior to the competitions. Background and load rhythmocardiographic studies were performed using a software and hardware complex. The structural-linguistic approach was used to analyze the parameters of cardiac rhythm variability. *Results.* With the aid of spectral formulas, one can describe 16 basic functional states of the body and its possible responses to changes in the external and internal environment of varying intensity and duration, taking into account the basic provisions of the concept of the body ultrastability. In the process of analysis of rhythmocardiograms registered at rest and during functional exercises of athletes, 13 out of 16 possible types of cardiac rhythm power spectra were detected. Averaged values of the most informative and meaningful indices of structural and linguistic analysis of cardiac rhythm variability in football players were obtained. These values should be considered as indicative for the calculation of standards. *Conclusions.* In the course of research, methodological approaches and mathematical apparatus were tested for the determination of normative values of indices of structural and linguistic analysis of cardiac rhythm variability for athletes of various sports events. **Keywords:** cardiac rhythm variability, structural and linguistic analysis, normative values.

Актуальність теми. При розробці технології оцінки функціонального стану важливим є питання вибору базової фізіологічної функції, аналіз змін якої буде покладено в основу цієї оцінки. Зрозуміло, що така функція повинна відповідати принаймні двом критеріям: її зміни можна легко реєструвати в умовах трудової діяльності людини і вона не повинна підпадати під регулюючий вплив свідомості обстежуваної людини. Ці критерії найкраще задовольняє серцевий ритм, хоча можливо аналізувати інші періодичні процеси кровообігу: вариабельність систолічного і діастолічного тиску, ударного об'єму крові, максимальної і лінійної швидкості кровотоку в аорті й інших судинах. Часто для цих цілей проводять спектральний аналіз, який дозволяє виявити зміни в хвильовій структурі серцевого ритму при дії на організм людини різноманітних факторів зовнішнього середовища [1–3]. Але у процесі здійснення такого аналізу недостатньо повно враховують комплекс змін форми спектра і закономірності їх трансформації. Це насамперед пов'язано з тим, що після проведення спектрального аналізу подальша його інтерпретація здійснюється найчастіше інтуїтивно. Ці недоліки усу-

ває технологія структурно-лінгвістичного аналізу серцевого ритму, яка об'єднує положення про те, що організм є ультрастабільною системою [4], і традиційні уявлення про його регуляторні системи під час дії факторів зовнішнього середовища [5].

Структурно-лінгвістичний аналіз вариабельності серцевого ритму використовують для комплексної оцінки функціонального стану організму спортсмена, тому є необхідність визначити нормативні значення цих комплексних показників серцевого ритму, які в подальшому можуть бути корисними для проведення порівняльного аналізу результатів ритмокардіографічного дослідження спортсменів різних видів спорту.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано у рамках НДР НУФВСУ за темою 2.10 «Розробка ритмокардіографічного комплексу з використанням структурно-лінгвістичного аналізу вариабельності серцевого ритму» (номер держреєстрації 0116U001610).

Мета дослідження — розробити методичні підходи до встановлення нормативних значень показників структурно-лінгвістичного аналізу ва-

ТАБЛИЦЯ 1 – Математико-статистичні показники, що характеризують розподіл кардіоінтервалів у ритмокардіограмах з у спортсменів

Показники	SfSm, SfSmSb, SfSbSm	SmSfSb	SmSf	Sm	SbSfSm	SbSf
Mo, с	0,52 ± 0,16	0,56 ± 0,08	0,59 ± 0,11	0,63 ± 0,19	0,66 ± 0,18	0,70 ± 0,20
R-R, с	0,48 ± 0,15	0,54 ± 0,08	0,63 ± 0,12	0,66 ± 0,20	0,68 ± 0,18	0,72 ± 0,21
АМо, ум. од.	70 ± 23	66 ± 3,8	68 ± 5,7	49 ± 4,2	52 ± 4,8	53 ± 4,9
ΔR-R, с	0,17 ± 0,09	0,17 ± 0,08	0,18 ± 0,10	0,29 ± 0,12	0,28 ± 0,13	0,26 ± 0,14
σ _{R-R} , с	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,05 ± 0,04	0,05 ± 0,04	0,06 ± 0,04
CV, %	7,81 ± 1,23	3,12 ± 0,52	4,12 ± 1,29	7,13 ± 2,54	7,55 ± 2,42	8,03 ± 2,54
ІН, ум. од.	398 ± 171	329 ± 27	324 ± 51	131 ± 34	144 ± 31	148 ± 30
ІВР, ум. од.	385 ± 163	371 ± 29	351 ± 58	169 ± 36	189 ± 32	204 ± 38
ВГР, ум. од.	10,9 ± 2,4	10,1 ± 1,93	8,98 ± 2,97	5,74 ± 2,63	5,68 ± 2,55	5,83 ± 2,84
ПАРС, ум. од.	9 ± 1,1	5 ± 1,4	6 ± 1,5	10 ± 0,9	6 ± 1,9	6 ± 2,1
Відсоток від вибірки	4,6	15,4	6,9	2,8	3,5	2,6

Примітка: Мо – мода; АМо – амплітуда моди; CV – коефіцієнт варіації; ІН – індекс напруженості регуляторних процесів ритму; ПАРС – показник адекватності регуляторних систем

ріабельності серцевого ритму для кваліфікованих спортсменів.

Відповідно до мети роботи було визначено такі завдання: здійснити структурно-лінгвістичний аналіз варіабельності серцевого ритму у футболістів; провести класифікацію спектрів потужності варіабельності серцевого ритму відповідно до їх функціональних станів організму; апробувати методичні підходи до встановлення нормативних значень показників структурно-лінгвістичного аналізу.

Методи дослідження. Було проведено фонові і навантажувальні ритмокардіографічні дослідження за допомогою програмно-апаратного комплексу «Ритм-1» [6].

Реєстрували показники варіабельності серцевого ритму у спортсменів протягом 10 хв у положенні лежачи в стані відносного спокою (у першій половині дня) і під час проведення функціональних навантажень (активна ортостатична проба та велоергометричний тест зі стандартними навантаженнями – 50, 100 і 150 Вт). Для аналізу показників варіабельності серцевого ритму застосовували структурно-лінгвістичний підхід із використанням комп'ютерної програми «Прогноз» [6, 7].

Здійснювали аналіз ритмокардіограм за допомогою методів математичного аналізу серцевого ритму (статистичного, варіаційного, спектрального) [5, 8].

Дослідження проводили в підготовчий період перед змаганнями на базі лабораторії кафедри медико-біологічних дисциплін НУФВСУ і на базах спортивних клубів. Було обстежено 45 кваліфікованих футболістів (І спортивний розряд, КМС) віком від 14 до 18 років.

Результати досліджень та їх обговорення. Для класифікації спектрів потужності ритму серця в даній роботі при структурно-лінгвістичному аналізі варіабельності ритму серця запропоно-

вано систему формульного запису, що містить символи, які характеризують структуру спектра, частотні й амплітудні характеристики основних спектральних максимумів [3]. За допомогою цих спектральних формул можна описати 16 основних функціональних станів організму і можливі його реакції на зміни зовнішнього і внутрішнього середовища різної інтенсивності і тривалості з урахуванням основних положень концепції про ультрастабільність організму.

Концепція ультрастабільності живого організму та структурно-лінгвістичний метод надають нові можливості для оцінки функціонального стану організму людини, а також вивчення загальних і індивідуальних особливостей адаптації до екстремальних впливів, у тому числі фізичних навантажень. Цей підхід також можна використовувати для прогнозування індивідуальної стійкості організму у різних видах спорту, розробки засобів контролю й управління тренувальною і спортивною діяльністю, а також для прогнозування, діагностики, профілактики і корекції перед- і патологічних синдромів, як виникають на тлі тривалого стресорного впливу [4, 5].

У таблиці 1 наведено усереднені значення математико-статистичних показників, що описують розподіл кардіоінтервалів у ритмокардіограмах з різними типами спектрів. При аналізі ритмокардіограм, зареєстрованих у стані спокою і під час функціональних навантажень футболістів, виявлено 13 із 16 можливих типів спектрів потужності ритму серця, а саме Sm, SmSb, SmSf, SmSbSf, SmSfSb, Sb, SbSm, SbSf, SbSmSf, SbSfSm, SfSm, SmSb SfSbSm. Найчастіше зустрічалися спектри типу SmSbSf (35,2 %), SmSb (18,0 %), SmSfSb (15,4 %), SmSf (6,9 %) і SbSmSf (6,3 %). Спектри інших типів реєстрували набагато рідше. У зв'язку з тим що ритмокардіограми зі спектрами Sb (1,1 %), SbSm (3,6 %) і SfSm

різними типами спектрів потужності ритму серця

SmSbSf	SbSmSf	SmSb	Sb, SbSm
0,71 ± 0,08	0,72 ± 0,21	0,74 ± 0,10	0,95 ± 0,31
0,73 ± 0,08	0,74 ± 0,21	0,75 ± 0,10	0,97 ± 0,32
51 ± 2,1	49 ± 3,4	41 ± 2,8	33 ± 5,9
0,24 ± 0,08	0,29 ± 0,11	0,30 ± 0,09	0,34 ± 0,13
0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,02	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,02
8,51 ± 1,01	8,3 ± 2,52	8,12 ± 1,12	7 ± 2,1
149 ± 18	115 ± 30	90 ± 23	48 ± 12
214 ± 26	168 ± 39	135,2 ± 25,7	95,4 ± 33,3
6,05 ± 0,95	4,71 ± 2,01	4,39 ± 1,33	2,98 ± 0,96
3 ± 0,9	4 ± 1,8	1 ± 1,2	2 ± 0,94
35,2	6,3	18	4,7

сів; IBP – індекс вегетативної регуляції; ВПР – вегетативний

(1,5 %), SfSmSb (1,7 %), SfSbSm (1,4 %) мали дуже близькі математико-статистичні показники, їх було об'єднано в окремі групи. Надалі замість 13 спектрів аналізували 8 окремих типів спектрів Sm, SmSb, SmSf, SmSbSf, SmSfSb, SbSm, SbSmSf, SbSfSm і дві об'єднані групи спектрів Sb, SbSf і SfSm, SfSmSb і SfSbSm.

У таблиці 2 наведено середні значення деяких показників структурно-лінгвістичного аналізу варіабельності серцевого ритму у футболістів. Ритмокардіограми зі спектрами SmSb, SmSbSf, SbSm і SbSmSf більш характерні для стану спокою, але можливі і при функціональних навантаженнях малої інтенсивності. Інші типи спектрів частіше зустрічаються при напруженнях регуляторних систем організму під час функціональних навантажень помірної або великої інтенсивності.

За допомогою показника активності регуляторних систем (ПАРС), який характеризує сту-

ТАБЛИЦЯ 2 – Усереднені значення деяких показників структурно-лінгвістичного аналізу варіабельності серцевого ритму у футболістів

Тип спектра	Функціональний стан організму	ПАРС	Частота зустрічальності, %
<i>Стан відносного спокою</i>			
SmSb	СОН	1	18,0
SbSm	СОН	2	3,6
Sb	СОН	2	1,1
SmSbSf	СОН	3	35,2
SbSmSf	СОН	4	6,3
<i>Функціональні навантаження помірної інтенсивності</i>			
SmSfSb	СФН	5	15,4
SbSfSm	СФН	6	3,5
SmSf	СФН	6	6,9
SbSf	СФН	6	2,6
<i>Функціональні навантаження великої інтенсивності</i>			
SfSbSm	СП	9	1,4
SfSmSb	СП	9	1,7
SfSm	СП	9	1,5
Sm	СП	10	2,8

піль їх напруженості залежно від класу ритмокардіограми і типу спектра потужності ритму серця, було визначено відповідні функціональні стани організму. Показано, що на ритмокардіограмах зі спектрами Sb, SmSb, SmSbSf, SbSm і SbSmSf значення ПАРС не перевищує 4 балів. Ця сума балів відповідає стану оптимального напруження регуляторних систем організму (СОН). При спектрах SmSf, SmSfSb, SbSf і SbSfSm величина ПАРС досягає 6 балів, що свідчить про наявність стану функціонального напруження регуляторних систем організму (СФН). Вони частіше зустрічаються під час функціональних навантажень помірної інтенсивності. При спектрах Sm, SfSm, SfSmSb, SfSbSm ПАРС може досягати 10 балів, що вказує на стан перенапруження (СП) регуляторних систем. Стани функціонального напруження або перенапруження регуляторних механізмів, як і відповідні їм спектри ритму серця, частіше зустрічаються під час навантажень великої інтенсивності або в період відновлення після їх закінчення.

Наведені усереднені значення показників структурно-лінгвістичного аналізу слід розглядати як орієнтовні для розрахунку їх нормативних величин для футболістів. Передбачається, що подальші дослідження нормативних підходів дозволять встановити належні значення показників структурно-лінгвістичного аналізу для спортсменів різних видів спорту, віку, статі тощо.

Висновки.

1. В основу класифікації спектрів потужності ритму серця покладено систему формульного запису, що містить символи, які характеризують структуру спектра, частотні й амплітудні характеристики основних спектральних максимумів.

2. Під час аналізу ритмокардіограм, зареєстрованих у стані спокою і під час функціональних навантажень спортсменів, виявлено 13 із 16 можливих типів спектрів потужності ритму серця, а саме Sm, SmSb, SmSf, SmSbSf, SmSfSb, Sb, SbSm, SbSf, SbSmSf, SbSfSm, SfSm, SfSmSb, SfSbSm.

3. Величини показників, що властиві ритмокардіограмам зі спектрами SmSb, SmSbSf, SmSfSb, SbSm і SbSfSm, SbSf, характерні для стану спокою або невеликих функціональних навантажень. Інші типи спектрів частіше зустрічаються при напруженнях регуляторних систем організму під час помірних і великих фізичних навантажень.

4. Отримано усереднені значення найбільш інформативних і значущих показників структурно-лінгвістичного аналізу варіабельності серцевого ритму у футболістів-юнаків. Ці значення

слід розглядати як орієнтовні для розрахунку стандартів.

5. У процесі досліджень випробувано методичні підходи та математичний апарат для

визначення нормативних значень показників структурно-лінгвістичного аналізу варіабельності серцевого ритму для спортсменів різних видів спорту.

Література

1. Алвани А. Структурно-лингвистический подход к оценке функциональных состояний организма у спортсменов высокой квалификации с признаками хронического утомления / А. Алвани // Педагогика, психология та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – 2015. – № 8. – С. 3–8. – Режим доступа : <http://dx.doi.org/10.15561/18189172.2015.0801>
2. Ільїн В. М. Структурно-лінгвістичний підхід до оцінки функціонального стану організму людини / В. М. Ільїн, В. В. Кальниш, Х. А. Курданов // Доп. НАНУ. – 2001. – № 6. – С. 185–189.
3. Ільїн В. Н. Программно-аппаратный комплекс по ритмокардиографической оценке функционального состояния организма человека / В. Н. Ильин, Ю. А. Попадюха, Ю. В. Кравченко // Электроника и связь. – 2001. – Т. 12. – С. 69–71.
4. Ільїн В. Н. Оценка функционального состояния организма человека в экстремальных условиях на основе теории ультрастабильных систем / В. Н. Ильин, М. М. Филиппов, А. Алвани // Ульяновский медико-биологический журн. – 2014. – № 3. – С. 94–100.
5. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода / В. М. Михайлов. – Иваново : Иван. Гос. Академия, 2002. – 290 с.
6. Ритмокардиографические методы оценки функционального состояния организма человека / [В. Н. Ильин, Л. М. Батырбекова, М. Х. Курданова, Х. А. Курданов]. – М. : Илекса; Ставрополь : Сервисшкола, 2003. – 80 с.
7. Черкес Л. І. Структурно-лінгвістичний підхід до оцінки довготривалої адаптації спортсменів високої кваліфікації до умов середньогогір'я / Л. І. Черкес, В. М. Ільїн, В. І. Портніченко, М. М. Михайлович, І. О. Яхниця, С. Б. Коваль // Мед. інформатика та інженерія. – 2011. – № 4. – С. 18–21.
8. Kravchenko Yu.V. Method for the estimation of conjugacy for psychomotor and autonomic nervous processes / Yu. V. Kravchenko, V. N. Ilyin, Yu. N. Onopchuk, V. I. Portnichenko, A. L. Evtushenko, E. M. Klyuchko, P. V. Beloshitsky // Abstracts of International Workshop «Prediction and decision making under uncertainties»: Ternopil, May 25-30, 2004. – P. 27–29.

Reference

1. Alvani, A. (2015). Strukturno-lingvisticheskiy podhod k otsenke funktsionalnykh sostoyaniy organizma u sportstmenov vyisokoy kvalifikatsii s priznakami hronicheskogo utomleniya [Structural-linguistic approach to the evaluation of functional states of the body in high-qualified athletes with signs of chronic fatigue]. *Pedahohika, psykholohiya ta medyko-biologichniy problemy fizychnoho vykhovannya i sportu – Pedagogy, psychology and medical-biological problems of physical education and sports*, 8, 3-8. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.15561/18189172.2015.0801> [in Russian].
2. Il'in, V.M., Kalnish, V.V., Kurdanov, Kh.A. (2001). Strukturno-lingvistichnyy pidkhd do otsinky funktsional'nogo stanu orhanizmu lyudyny [Structural-linguistic approach to the assessment of the functional state of the human body]. *Dopovidi NANU – Reports of NASU*, 6, 185-189 [in Ukrainian].
3. Ilin, V.N., Popadyuha, Yu.A., Kravchenko, Yu.V. (2001). Programmno-apparatnyy kompleks po ritmokardiograficheskoy otsenke funktsionalnogo sostoyaniya organizma cheloveka [Software and hardware complex on the rhythmocardiographic evaluation of the functional state of the human body]. *Elektronika i svyaz' – Electronics and communication*, Vol. 12, 69-71 [in Russian].
4. Il'in, V.N., Filippov, M.M., Alvani, A. (2014). Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya organizma cheloveka v ekstremal'nykh usloviyakh na osnove teorii ul'trastabil'nykh sistem [Assessment of the functional state of the human body in extreme conditions based on the theory of ultrastable systems]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskiiy zhurnal – Ulyanovsk Biomedical Journal*, 3, 94-100 [in Russian].
5. Mihaylov, V.M. (2002). *Variabelnost ritma serdtsa: opyt prakticheskogo primeneniya metoda* [Variability of heart rhythm: experience of practical application of the method]. Ivanovo: Ivanovskaya gosudarstvennaya akademiya [in Russian].
6. Ilin, V.N., Batyrbekova, L.M., Kurdanova, M.H., Kurdanov, H.A. (2003). *Ritmokardiograficheskie metody otsenki funktsionalnogo sostoyaniya organizma cheloveka* [Rhythmocardiographic methods for assessing the functional state of the human body]. Moscow: Ilekxa; Stavropol: Servisskola [in Russian].
7. Cherkes, L.I., Ilyin, V.M., Portnichenko, V.I., Mihaylovich, M.M., Yahnitsya, I.O., Koval, S.B. (2011). Strukturno-lingvistichnyy pidkhd do otsinky dovtrotyvaloyi adaptatsiyi sportstmeniv vysokoyi kvalifikatsiyi do umov sereidn'ohir'ya [Structural-linguistic approach to the assessment of the long-term adaptation of high-skilled athletes to the conditions of the middle mountains]. *Medychna informatyka ta inzheneriya – Medical informatics and engineering*, 4, 18-21 [in Ukrainian].
8. Kravchenko, Yu.V., Ilyin, V.N., Onopchuk, Yu.N., Portnichenko, V.I., Evtushenko, A.L., Klyuchko, E.M., Beloshitsky, P.V. (2004). Method for the estimation of conjugacy for psychomotor and autonomic nervous processes. Proceedings from Prediction and decision making under uncertainties: *International Workshop (25-30 May 2004)* (p. 27-29). Ternopil.