

УДК 612.821

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ОТ ФАКТОРОВ ВНУТРЕННЕЙ И ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ****Карпенко Ю.Д.**

*Государственное учреждение «Научно-исследовательский институт экологии природопользования» Министерства природных ресурсов и экологии Чувашской Республики, Чебоксары, e-mail: ecology21@list.ru*

Представлен обзор литературы по вопросу изучения зависимости вариабельности сердечного ритма от факторов внутренней и внешней среды. Рассматривается связь между возрастом, полом и особенностями психосоциальных экологических факторов среды жизни обследованных, с одной стороны, и комплексом показателей вариабельности сердечного ритма, с другой. Показано, что исследование в онтогенетическом аспекте вариабельности сердечного ритма и использование результатов анализа для объективной оценки различий, лежащих в основе сопоставления различных популяций людей по уровню конкретных функциональных показателей, является актуальной физиологической проблемой. Систематизированные литературные данные позволяют на популяционном уровне свидетельствовать зависимость вариабельности сердечного ритма от пола, возраста, поведенческих особенностей и факторов среды различного характера. Установление данной зависимости представляет несомненный интерес для организации исследований влияния факторов различной природы на организм человека.

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, возраст, пол, экологические и психосоциальные факторы

**RESEARCH OF HEARTBEAT VARIABILITY AND DEFFERENT ENVIRONMENT CHARACTERISTICS DEPENDENCE****Karpenko Y.D.**

*Ecology Research Institute of the Chuvash Republic, Cheboksary, e-mail: ecology21@list.ru*

The review of the literature concerning studying of dependence of variability of a heartbeat from internal and environment factors is presented. Communication between age, sex and features of psychosocial ecological factors of the environment of life surveyed, on the one hand, and a complex of indicators of variability of a heartbeat, with another is considered. It is shown that research in ontogenical aspect of variability of a heartbeat and use of results of the analysis for an objective estimation of the distinctions underlying comparison of various populations of people on level of concrete functional indicators, is an actual physiological problem. The systematized literary data allows to testify at population level dependence of variability of a heartbeat on a sex, age, behavioural features and factors of the environment of various character. The establishment of the given dependence represents doubtless interest for the organization of researches of influence of factors of the various nature on a human body.

**Keywords:** heartbeat variability, age, sex, ecological and psychosocial characteristics

Важнейшими характеристиками функционирования организма на всех этапах его жизни являются не только определенный результат физиологически и социально целесообразной деятельности, но и динамика широкого спектра показателей различных физиологических систем человеческого организма. В спектре используемых показателей для оценки функционального состояния организма в настоящее время отмечается растущий интерес к изучению вариабельности сердечного ритма (ВСР). Как известно, ВСР рассматривается как мера влияния на сердце вегетативной нервной системы (ВНС). При этом возникает вопрос о связи между ВНС и частотой сердечного сокращения (ЧСС). ЧСС в каждый конкретный момент времени определяется балансом между активностью вагуса, который замедляет этот ритм, и симпатической активностью, которая ускоряет этот ритм [1].

По мере накопления научных данных стало ясно, что изучение ВСР необходимо не только для индивидуальной, но и для популяционной оценки [1, 6]. Понимание связи между показателями ВСР и факторами

риска на уровне практически здоровой популяции требует ответа на вопрос о том, как ЧСС и ВСР связаны с возрастом и полом, как ЧСС и ВСР соотносятся с поведенческими социальными и психосоциальными факторами и насколько факторы окружающей среды могут менять характер ВСР.

*Возраст и показатели вариабельности сердечного ритма.* В ходе онтогенетического исследования с применением функциональных тестов было показано, что в онтогенезе системы регуляции сердечного ритма можно выделить несколько периодов: до 13–14 лет происходит активное созревание механизмов регуляции сердечного ритма, что проявляется в достижении к этому возрасту показателей, характерных для взрослых людей. В последующий период (15–16 лет) процессы развития резко замедляются, хотя реакция на функциональные тесты всё ещё отличается от таковой у взрослого человека [2].

В более старших возрастных группах отдельными авторами не было найдено связей между ЧСС и возрастом [3, 19, 43]. В других работах такая определенная ассо-

ция между ЧСС и возрастом была обнаружена [32, 39, 41, 43]. При сопоставлении ВСР мужчин в возрасте 26–43 лет с мужчинами в возрасте 64–76 лет было установлено, что в более старшей возрастной группе значения ЧСС были выше, чем в более молодой когорте [39]. Рядом исследователей установлено, ЧСС отрицательно связана с возрастом женщин [32]. Возраст является главным детерминантом снижения уровня показателей ВСР, обуславливая 22–39% варибельности показателей SDNN (среднее квадратическое отклонение величин RR-интервалов, отражающее суммарный эффект вегетативной регуляции сердца), мощности LF (показатель, отражающий симпатическую и парасимпатическую модуляцию сердечного ритма) и HF (показатель дыхательных, парасимпатических модуляций ритма сердца) [41]. Аналогичные результаты по характеру снижения ВСР с возрастом приведены в работе других авторов [19, 43]. Было отмечено, что SDNN постепенно снижается с возрастом, достигая к 90 годам 60% от исходного значения. HF снижается, начиная с 20 лет, в то время как снижение LF не наблюдается до сорокалетнего возраста. Влияние возраста на отношение LF/HF (индекс вегетативного баланса) не столь однозначно. В ряде исследований не было выявлено связей между возрастом и этим показателем [3, 25, 26]. Другие авторы отмечают уменьшение соотношения LF/HF с возрастом [21, 35]. Выраженность данного снижения, оцененная с помощью математической модели, составляла около 15% мощности HF и LF на каждые 10 лет увеличения возраста [28].

Кроме того, было показано, что нелинейные показатели ВСР (аппроксимированная энтропия, константа Ляпунова) коррелируют с возрастом – по мере старения нелинейная варибельность сердечного ритма уменьшается [5, 30]. Материалы изучения 15 пожилых людей (средний возраст в начале исследования – 70 лет) в течение 15 лет, сообщают о значительном повышении ЧСС и значительном уменьшении SDNN, мощности LF и отношения LF/HF. При этом не было обнаружено существенного изменения спектральной мощности компонента HF с возрастом [40]. Эти данные, в целом, согласуются с теми, которые были получены в ходе поперечных исследований, но для более точной оценки возрастных изменений ВСР необходимо проведение продольных исследований.

*Пол и варибельность сердечного ритма.* Женщины имеют более высокую частоту сердечных сокращений, чем мужчины, особенно в молодые года [17, 39, 32, 38].

Различие между полами в возрасте 10–29 лет по ЧСС было оценено в пределах 5–7 ударов в минуту. Начиная с 30 лет, половые различия ослабевают, а с 40–50 лет нивелируются [32, 43]. Значение показателя SDNN значительно ниже у женщин, чем у мужчин, хотя это половое различие уменьшается в пожилом возрасте. Сравнение результатов исследования мужчин и женщин в возрасте от 26 до 76 лет показало, что в возрасте от 26–43 лет среднее дневное значение SDNN у мужчин составляет  $153 \pm 51$  мс и у женщин  $97 \pm 24$  мс. Эти авторы не обнаружили значимых половых различий по данному показателю и в возрастной группе 64–76 лет. Женщины обычно имеют более низкое значение LF и более высокое значение HF, чем мужчины. Данные о влиянии пола на отношение LF/HF противоречивы. Исследования в рамках проекта «Риск атеросклероза в общинах» (ARIC) установили, что женщины среднего возраста имеют значение геометрической средней мощности LF  $3,12 \text{ мс}^2$ , по сравнению с аналогичным показателем у мужчин на уровне  $4,10 \text{ мс}^2$  ( $p < 0,01$ , скорректировано по возрасту и этнической принадлежности) [21]. Аналогичные данные были получены и другими авторами, показавшими, что у женщин наблюдается сдвиг в сторону преобладания парасимпатической регуляции сердечного ритма. В то же время в литературе имеются и противоположные данные о половых различиях по показателям ВСР [33]. Таким образом, из приведенных литературных данных следует, что по показателям ВСР существует определенное половое различие, которое с возрастом уменьшается.

*Значение поведенческих и психосоциальных факторов для варибельности ритма сердца.* Было показано, что регулярная физическая активность связана с понижением ЧСС и увеличением ВСР. Также отмечено, что у людей с сидячим образом жизни среднее значение мощности LF составило  $286,3 \text{ мс}^2$ , а у тех, у кого имели место некоторые формы физической активности, среднее значение мощности LF составило  $382,4 \text{ мс}^2$  ( $p = 0,03$ ). В то же время не было обнаружено связи между HF и активным образом жизни [16, 28].

Исследования, проведенные с участием 14 здоровых молодых мужчин, показали, что физические тренировки, связанные со статическим напряжением, проводимые в течение 4-х недель, сопровождаются повышением значений нелинейных показателей ВСР. Другие показатели ВСР не изменялись. Указанные сдвиги быстро исчезали после прекращения тренировок. В качестве возможного механизма изменения ВСР при тренировках

можно рассматривать повышение потребности организма в кислороде [31].

Одной из наиболее значимых для функционального состояния организма индивидуальных черт поведения является курение. Курение безоговорочно связано с повышением ЧСС [14]. Согласно литературным данным [13], среднее значение ЧСС на 2,9 уд./мин было выше у курящих мужчин и на 1,4 уд./мин выше у курящих женщин, чем среди тех, кто никогда не курил, или у бывших курильщиков (скорректированное  $p < 0,01$ ). В этом исследовании было показано, что ЧСС также положительно коррелирует с числом сигарет, выкуриваемых в течение дня. Показатели временной и частотной области ВСП уменьшаются при курении [28]. Было обнаружено, что не только активное, но и пассивное курение приводит к снижению вариабельности сердечного ритма [10].

Другой важной социальной, медицинской и поведенческой проблемой является потребление алкоголя. Связь между потреблением алкоголя, с одной стороны, ЧСС и ВСП, с другой стороны, является более сложной. Отдельные авторы отмечают, что алкоголь не влияет на ЧСС [9, 12]. Другими же авторами подчеркивается, что алкоголь как при обычном потреблении, так и при потреблении в экспериментальных условиях, обуславливает увеличение ЧСС. Проведенный эксперимент с участием 16 здоровых добровольцев, у которых через 45 минут после введения дозы алкоголя (1 г на 1 кг массы тела) измерялось ЧСС, показал, что происходит увеличение ЧСС в среднем с 59 до 65 уд./мин [45].

*Влияние социальных и психосоциальных факторов на вариабельность сердечного ритма.* В ряде работ сообщается о связи между показателями ЧСС, ВСП и социальным положением (однако ни в одной из этих работ данная проблема не рассматривалась как основная). По результатам исследования 33781 человека сообщается, что уровень образования имеет обратную связь с ЧСС как у мужчин, так и у женщин в возрасте 18–59 лет (нескорректированное  $p < 0,01$ ) [14]. Приводятся данные о том, что повышенная ЧСС была характерна для тех людей, чей семейный доход составлял меньше 4000 \$ [13]. В других исследованиях не было обнаружено повышения ЧСС в зависимости от образования или социального класса [13, 27]. Имеется также сообщение, что большая доля людей с высокой мощностью LF была характерна для группы тех людей, которые имели, по меньшей мере, полное среднее образование [27].

Исследования влияния психосоциальных факторов на ЧСС и ВСП уделяют

основное внимание действию кратковременных острых стрессоров (публичные выступления или факторы, вызывающие гнев и ярость), хронические воздействия (нарушения, сопровождаемые тревожностью, стресс на работе и типы личности). Показано, что при воздействии неблагоприятных психосоциальных факторов ЧСС может как увеличиваться [36], так и существенно не изменяться [22]. При анализе эффекта от воздействия стрессорного фактора реальной жизни (студенты организовывали презентацию в присутствии критически настроенной аудитории и без неё) обнаружен более высокий уровень LF и меньший уровень HF в условиях наличия аудитории [8]. В популяционных исследованиях выборка здоровых женщин было установлено, что социальная изоляция была связана с низким уровнем ВСП (SDNN, LF, LF/HF), а неспособность выразить свою тревогу путем беседы с другими людьми была связана с уменьшением SDNN и мощности LF (все данные были скорректированы по возрасту, наличию менструаций (менопаузы), характеру физической активности, курению, наличию гипертензии в анамнезе и индексу массы тела) [16].

*Воздействие неблагоприятных антропогенных факторов окружающей среды на организм и вариабельность сердечного ритма.* Исследование, проведенное в Пекине, показало, что ношение марлевой маски уменьшает уровень воздействия взвешенных частиц и, одновременно, приводит к повышению вариабельности сердечного ритма [23]. Возможным механизмом воздействия взвешенных частиц на ВСП является окислительный стресс [7]. На это указывает тот факт, что изменение показателей ВСП при воздействии этого загрязнителя происходило у тех людей, у которых имели место делеция GSTM1 и изменение в промоторе HMOX-1 – генов ферментов глутатион-S-трансферазы M1 и гемоксигеназы-1 [7]. Выраженность реакции на воздействие взвешенных частиц также может меняться при наличии полиморфизма генов MTHFR и cSHMT, кодирующих ферменты метилентетрагидрофолатредуктаза и гидроксиметилтрансфераза серина, принимающие участие в обмене метионина [4]. Долговременное воздействие оксида азота NO<sub>2</sub> вызывает у женщин снижение SDNN, а также выраженное снижение значения данного показателя в ночное время LF, LF/HF [11].

Исследование пожилых людей показало, что хроническое воздействие свинца может существенно влиять на ВСП к воздействию загрязнителей атмосферного воздуха [29]. Выраженность снижения мощности

волн ВСП высокой и низкой частоты при воздействии озона и сульфатов значительно варьировалось в зависимости от кватили распределения содержания свинца в костях: чем выше было содержание свинца, тем сильнее снижение показателей ВСП при воздействии загрязнителя атмосферного воздуха.

Шум приводит к множеству различных нарушений здоровья, которые имеют как специфический, так и неспецифический характер; кроме того, шум может вызывать постоянные и преходящие функциональные нарушения [20]. Было обнаружено, что высокий уровень шума вызывает сдвиг показателей variability сердечного ритма, который указывает на повышение относительного тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы [44]. Воздействие шума на человека в экспериментальных условиях вызывает уменьшение variability сердечного ритма, которое практически полностью восстанавливается после короткого периода [42].

Характер реакции на звук в значительной степени зависит от сущности звукового стимула, его субъективной оценки. Группа японских студенток подвергалась воздействию звуков различной формы: музыкальные звуки синтезатора, пение птиц, механические звуки. Механические звуки вызывали выраженное подавление активности парасимпатического отдела ВНС, что проявилось в снижении спектральной мощности LF [47].

В ходе исследования воздействия переменных магнитных полей на организм человека было установлено, что такое воздействие вызывает уменьшение variability сердечного ритма, что служит маркером повышенного риска смерти от острого инфаркта миокарда и аритмии [34].

### Заключение

Регистрация и анализ ВСП широко применяется для исследования функциональных показателей сердца. Показатели ВСП трактуются как корреляты процессов, связанных с функционированием ВНС. При этом актуализируется проблема использования данного метода в исследованиях на популяционном уровне. Обнаружена тесная корреляционная связь между показателями ВСП, с одной стороны, возрастом, полом, поведенческими и биологическими факторами, социальными и психосоциальными факторами и воздействием неблагоприятных антропогенных факторов окружающей среды на организм, с другой. Из данного обзора можно сделать вывод, что показатели ВСП можно активно использовать как неспеци-

фические показатели воздействия на организм факторов различной природы.

### Список литературы

1. Баевский Р. М. Методические рекомендации по анализу ВСП при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. – 2002. – № 24. – С. 65–86.
2. Панкова Н.Б. Функциональное развитие вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы человека в онтогенезе. // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова. – 2008. – Т. 94, № 3. – С. 267–275.
3. Standardized tests of heart rate variability: normal ranges obtained from 309 healthy humans, and effects of age, gender, and heart rate / M.W. Agelink, R. Malessa, B. Baumann et al. // Clin. Auton. Res. – 2001. – Vol. 11, № 2. – P. 99–108.
4. Cardiac autonomic dysfunction: effects from particulate air pollution and protection by dietary methyl nutrients and metabolic polymorphisms / A. Baccarelli, P.A. Cassano, A. Litonjua, S.K. Park et al. // Circulation. – 2008. – Vol. 117, № 14. – P. 1802–1809.
5. Beckers F., Verheyden B., Aubert A.E. Aging and nonlinear heart rate control in a healthy population. // Am J Physiol Heart Circ Physiol. – 2006. – Vol. 290, № 6. – P. 2560–2567.
6. Britton A., Hemingway H. Heart rate variability in healthy populations: correlates and consequences. In: Malik M., Camm A.J., eds. Dynamic electrocardiography. – N.Y.: Blackwell Futura, 2004. – P. 90–111.
7. Particulate air pollution, oxidative stress genes, and heart rate variability in an elderly cohort / T. Chahine, A. Baccarelli, A. Litonjua, R.O. Wright et al. // Environ Health Perspect. – 2007. – Vol. 115, № 11. – P. 1617–1622.
8. De Meersman R., Reisman S., Daum M. et al. Vagal withdrawal as a function of audience // Am. J. Physiol. – 1996. – Vol. 270, № 4. – P. 1381–1383.
9. Fagard R.H., Pardaens K., Staessen J.A. Influence of demographic, anthropometric and lifestyle characteristics on heart rate and its variability in the population // J. Hypertens. – 1999. – Vol. 17, № 11. – P. 1589–1599.
10. Differences in heart rate variability associated with long-term exposure to NO<sub>2</sub> / D. Felber Dietrich, A. Gemperli, J.M. Gaspoz, C. Schindler et al. // Environ Health Perspect. – 2008. – Vol. 116, № 10. – P. 1357–1361.
11. Effects of passive smoking on heart rate variability, heart rate and blood pressure: an observational study / D. Felber Dietrich, J. Schwartz, C. Schindler, J.M. Gaspoz et al. // Int. J. Epidemiol. – 2007. – Vol. 36, № 4. – P. 834–840.
12. Alcohol consumption alters insulin secretion and cardiac autonomic activity / D.E. Flanagan, E. Pratt, J. Murphy et al. // Eur. J. Clin. Invest. – 2002. – Vol. 32, № 3. – P. 187–192.
13. Gillum R.F. Epidemiology of resting pulse rate of persons ages 25-74-data from NHANES 1971-74 // Public Health Rep. – 1992. – Vol. 107, № 2. – P. 193–201.
14. Resting heart rate is a risk factor for cardiovascular and noncardiovascular mortality: the Chicago Heart Association Detection Project in Industry / P. Greenland, M.L. Daviglus, A.R. Dyer et al. // Am. J. Epidemiol. – 1999. – Vol. 149, № 9. – P. 853–862.
15. Vagal cardiac control throughout the day: the relative importance of effort-reward imbalance and within-day measurements of mood, demand and satisfaction / E.K. Hanson, G.L. Godaert, C.J. Maas et al. // Biol. Psychol. – 2001. – Vol. 56, № 1. – P. 23–44.
16. Psychosocial factors and heart rate variability in healthy women / M. Horsten, M. Ericson, A. Perski et al. // Psychosom. Med. – 1999. – Vol. 61, № 1. – P. 49–57.
17. Heart rate variability in healthy subjects is related to age and gender / K. Jensen-Ustad, N. Storck, F. Bouvier et al. // Acta. Physiol. Scand. – 1997. – Vol. 160, № 3. – P. 235–241.
18. Decreased heart rate variability in men with phobic anxiety (data from the Normative Aging Study) / I. Kawachi,

- D. Sparrow, P.S. Vokonas et al. // *Am. J. Cardiol.* – 1995. – Vol. 75, № 14. – P. 882–885.
19. Autonomic control of cardiac chronotropic function in man as a function of age: assessment by power spectral analysis of heart rate variability / O.V. Korkushko, V.B. Shatilo, Yu.I. Plachinda et al. // *J. Auton. Nerv. Syst.* – 1991. – Vol. 32, № 3. – P. 191–198.
20. Kryter K.D., editor. Physiological, psychological and social effects of noise // NASA Reference Publication. – 1984. – P. 179–193.
21. Kuo T.B., Lin T., Yang C.C. Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate // *Am. J. Physiol.* – 1999. – Vol. 277. – P. 2233–2239.
22. Heart rate variability during the week of September 11, 2001 / R. Lampert, S.J. Baron, C.A. McPherson et al. // *Journal of the American Medical Association.* – 2002. – Vol. 288. – 575 p.
23. Beneficial cardiovascular effects of reducing exposure to particulate air pollution with a simple facemask / J.P. Langrish, N.L. Mills, J.K. Chan, D.L. Leseman, R.J. Aitken et al. // *Part Fibre Toxicol.* – 2009. – Vol. 13, № 6. – P. 8–10.
24. Age, race and sex differences in autonomic cardiac function measured by spectral analysis of heart rate variability – the ARIC study / D. Liao, R.W. Barnes, L.E. Chambless et al. // *Am. J. Cardiol.* – 1995. – Vol. 76. – P. 906–912.
25. Association of cardiac autonomic function and the development of hypertension. The ARIC study / D. Liao, J. Cai, R.W. Barnes et al. // *Am. J. Hypertension.* – 1996. – Vol. 9. – P. 1147–1156.
26. Cardiac autonomic function and incident coronary heart disease: a population-based case-cohort study. The ARIC study. Atherosclerosis Risk in Communities Study / D. Liao, J. Cai, W.D. Rosamond et al. // *Am. J. Epidemiol.* – 1997. – Vol. 145. – P. 696–706.
27. Cardiac autonomic function and incident coronary heart disease: a population-based case-cohort study. The ARIC study. Atherosclerosis Risk in Communities Study / D. Liao, J. Cai, W.D. Rosamond et al. // *Am. J. Epidemiol.* – 1997. – Vol. 145. – P. 696–706.
28. Mølgaard H., Hermansen K., Bjerredaard P. Spectral components of short-term RR interval variability in healthy subjects and effects of risk factors // *Eur. Heart J.* – 1994. – Vol. 15. – P. 1174–1183.
29. Air pollution and heart rate variability: effect modification by chronic lead exposure / S.K. Park, M.S. O'Neill, P.S. Vokonas, D. Sparrow, R.O. Wright et al. // *Epidemiology.* – 2008. – Vol. 19, № 1. – P. 111–1120.
30. Air pollution and heart rate variability: effect modification by chronic lead exposure / S.K. Park, M.S. O'Neill, P.S. Vokonas, D. Sparrow, R.O. Wright et al. // *Epidemiology.* – 2008. – Vol. 19, № 1. – P. 111–1120.
31. Aerobic training and cardiovascular responses at rest and during exercise in older men and women / R. Perini, N. Fisher, A. Veicsteinas, D.R. Pendergast // *Med Sci Sports Exerc.* – 2002. – Vol. 34, № 4. – P. 700–708.
32. Heart rate variability and heart rate in healthy volunteers. Is the female autonomic nervous system cardioprotective? / D. Ramaekers, H. Ector, A.E. Aubert et al. // *Eur. Heart J.* – 1998. – Vol. 19. – P. 1334–1341.
33. Gender- and age-related differences in heart rate dynamics: are women more complex than men? / S.M. Ryan, A.L. Goldberger, S.M. Pincus et al. // *J. Am. College Cardiol.* – 1994. – Vol. 24. – P. 1700–1707.
34. Sastre A., Cook M.R., Graham C. Nocturnal exposure to intermittent 60 Hz magnetic fields alters human cardiac rhythm. // *Bioelectromagnetics.* – 1998. – Vol. 19. – P. 98–106.
35. Five min recordings of heart rate variability for population studies: repeatability and age-sex characteristics / R. Sinnreich, J.D. Kark, Y. Friedlander et al. // *Heart.* – 1998. – Vol. 80. – P. 156–162.
36. Hostility, gender, and cardiac autonomic control / R.P. Sloan, E. Bagiella, P.A. Shapiro et al. // *Psychosom. Med.* – 2001. – Vol. 63. – P. 434–440.
37. Sex differences in repolarization homogeneity and its circadian pattern / P. Smetana, V.N. Batchvarov, K. Hnatkova et al. // *Am. J. Physiol.* – 2002. – Vol. 282. – P. 1889–1890.
38. Sex differences in repolarization homogeneity and its circadian pattern / P. Smetana, V.N. Batchvarov, K. Hnatkova et al. // *Am. J. Physiol.* – 2002. – Vol. 282. – P. 1889–1890.
39. Stein P.K., Kleiger R.E., Rottman J.N. Differing effects of age on heart rate variability in men and women // *Am. J. Cardiol.* – 1997. – Vol. 3, № 80. – P. 302–305.
40. A 15-year longitudinal follow-up study of heart rate and heart rate variability in healthy elderly persons / H. Tasaki, T. Serita, A. Irita, O. Hano, I. Iliev, C. Ueyama, K. Kitano, S. Seto, M. Hayano, K. Yano // *J. Gerontol A Biol. Sci. Med. Sci.* – 2000. – Vol. 12, № 55. – P. M7440–M7449.
41. Reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. The Framingham Heart Study / H. Tsuji, F.J. Venditti, E.S. Manders, J.C. Evans, M.G. Larson, C.L. Feldman, D. Levy // *Circulation.* – 1994. – Vol. 2, № 90. – P. 878–883.
42. Tzaneva L., Danev S., Nikolova R. Investigation of noise exposure effect on heart rate variability parameters // *Cent Eur. J. Public Health.* – 2001. – Vol. 9, № 3. – P. 130–132.
43. Umetani K., Singer D.H., McCraty R., Atkinson M. Twenty-four hour time domain heart rate variability and heart rate: relations to age and gender over nine decades // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 1998. – Vol. 3, № 31. – P. 593–601.
44. Occupational determinants of heart rate variability / L.G. Van Amelsvoort, E.G. Scouten, A.C. Maan, C.A. Swenne, F.J. Kok // *Int. Arch. Occup. Environ. Health.* – 2000. – Vol. 73. – P. 255–262.
45. Effects of alcohol on sympathetic activity, hemodynamics, and chemoreflex sensitivity / P. Van de Borne, A.L. Mark, N. Montano, D. Mion, V.K. Somers // *Hypertension.* – 1997. – Vol. 6, № 29. – P. 1278–1283.
46. Evidence for lower sympathetic nerve activity in young adults with low birth weight / G. Weitz, P. Deckert, S. Heindl, J. Struck, B. Perras, C. Dodt // *J. Hypertens.* – 2003. – Vol. 21. – P. 943–950.
47. Physiological and psychological assessment of sound / R. Yanagihashi, M. Ohira, T. Kimura, T. Fujiwara // *Int. J. Biometeorol.* – 1997. – Vol. 40, № 3. – P. 157–161.

#### Рецензенты:

Воронов Л.Н., д.б.н., профессор кафедры биологии и методики преподавания ГОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева», г. Чебоксары;

Дмитриев А.Д., д.б.н., профессор, зав. кафедрой Чебоксарского кооперативного института (филиал) Российского университета кооперации ЦС РФ, г. Чебоксары.

Работа поступила в редакцию 06.09.2011.