

СВЯЗЬ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА С ПСИХИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТЬЮ

© В. Н. Мухин, Н. М. Яковлев

Учреждение Российской академии медицинских наук, Научно-исследовательский институт экспериментальной медицины Северо-Западного отделения РАМН, Россия, 197376, Санкт-Петербург, ул. Акад. Павлова, 12, e-mail: Valery.Mukhin@gmail.com

Ранее нами были получены данные о взаимосвязи психической работоспособности и вариабельности сердечного ритма. Задача данной работы — подтвердить существование указанной зависимости и уточнить частотный диапазон, амплитуду модуляций сердечного ритма, связанную с психической работоспособностью. Для этого обследовано 13 человек мужского пола в возрасте от 14 до 17 лет. Объективным показателем психической работоспособности служило количество очков, набранное при игре в «Тетрис». Частотный анализ сердечного ритма, зарегистрированного электрокардиографически в состоянии покоя и во время игры в «Тетрис», выполнен путем численного преобразования Фурье. Корреляционный анализ показал, что между уровнем психической работоспособности и амплитудой периодических модуляций сердечного ритма на частотах 0.30 и 0.15 колебаний на кардионтервал имеется положительная взаимосвязь, которая более выражена при регистрации сердечного ритма в покое, чем во время психической работы.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, психическая работоспособность, полосовая фильтрация, частотный анализ, спектральный анализ, лобная кора головного мозга, сердечно-сосудистая система.

Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. Т. 97. № 8. С. 838—842. 2011

V. N. Mukhin, N. M. Yakovlev. ASSOCIATION BETWEEN LEVEL OF INTELLIGENCE AND HEART RATE VARIABILITY. Pavlov Department of Physiology, Institute of Experimental Medicine Russian Academy of Medical Science, Russia, 197376, St. Petersburg, Acad. Pavlov st., 12, e-mail: Valery.Mukhin@gmail.com.

Earlier we discovered that heart rate variability was associated with the level of intelligence. The purpose of this study is to confirm this association using more reliable method and to define more precisely the frequency band within which the amplitude of the heart rate modulations is related to intelligence. 13 males (aged 14 to 17) were the study subjects. The total score of the computer game Tetris was taken as a general measure of the intelligence level. Heart rate was recorded electrocardiographically both at rest and during playing Tetris. Frequency analysis of heart rate was carried out with digital Fourier transformation. Correlation analysis showed that there was positive association between the level of intelligence and the amplitude of heart rate modulation at the frequencies 0.30 and 0.15 modulations per RR interval. This association is closer for the heart rate at rest than for the heart rate during mental work and for the frequency 0.30 than for the 0.15 modulations per RR interval.

Key words: heart rate variability, frequency analysis, band-pass filter, intelligence, Tetris, psychophysiology, cardiovascular system.

RUSSIAN JOURNAL OF PHYSIOLOGY. V. 97. N 8. P. 838—842. 2011

Связь вариабельности сердечного ритма с функциональным состоянием мозга выявлена рядом исследователей [7, 12, 13, 16—18]. Но в этих работах обращают на себя внимание два момента. Во-первых, имеется избыточное дублирование информации о времени, поскольку анализировался сердечный ритм (интервалы времени между сердечными сокращениями) как функция той же самой переменной (времени). Во-вторых, в этих исследованиях отсутствует возможность точного определения частотного диапазона, связанного с функциональным состоянием, так как диапазоны были жестко заданы заранее (0.0003—0.04, 0.04—0.15 и 0.15—0.40 Гц).

Эти моменты учтены нами в работе, которая тоже выявила связь вариабельности сердечного ритма с функциональным состоянием мозга. В частности, было показано, что амплитуда модуляций сердечного ритма в частотной зоне около 0.3 колебаний на интервал связана с психической работоспособностью¹ [8]. Верификация психической работоспособности в нашей работе выполнена с помощью субъективного метода — психологического опросника.

Это и определило цель настоящего исследования — подтвердить взаимосвязь вариабельности сердечного ритма и психической работоспособности, используя более надежный метод ее верификации.

МЕТОДИКА

Обследовано 13 человек мужского пола в возрасте от 14 до 17 лет, у которых была произведена оценка психической работоспособности. Ее интегральным показателем служило количество очков, набранное при компьютерной игре в «Тетрис».² Игра «Тетрис» широко используется в нейрофизиологических и психофизиологических исследованиях [14, 15, 19]; «Тетрис» широко известен (даже встроен в большинство мобильных телефонов), поэтому не требовалось предварительное обучение испытуемых.

Выполнен анализ вариабельности сердечного ритма, наблюдавшегося у испытуемых непосредственно перед и во время игры в «Тетрис». Регистрация сердечного ритма производилась электрокардиографически. Автоматическая идентификация и классификация каждого комплекса QRS подтверждена визуально. Участки записи, на которых выявлены нарушения ритма и проводимости, исключены из анализа. Из оставшихся участков выделены непрерывные, равные между собой ряды RR-интервалов. Длина рядов — 300 RR-интервалов. Далее произведен частотный анализ этих рядов. С помощью численного преобразования Фурье определены 150 ($N/2 = 300/2 = 150$) гармоник периодограмм сердечного ритма в диапазоне частот от 0 до 0.5 колебаний на кардиоинтервал (кол/ки) с шагом в 1/300 кол/ки. Значения периодограмм на каждой из 150 частот логарифмически преобразованы, что позволило нормализовать их распределение.

Проверка гипотезы о взаимосвязи вариабельности сердечного ритма с психической работоспособностью произведена путем корреляционного анализа, в котором выступали, с одной стороны, результаты игры в «Тетрис», а с другой — значения периодограммы на каждой из 150 частот.

¹ Психическая (умственная) работоспособность — потенциальная способность человека выполнить в течение заданного времени с максимальной эффективностью определенное количество интеллектуальной работы, требующей значительной активации нервно-психической сферы работающего [2]. Этот термин широко используется в психологии и психофизиологии [1, 3—6, 9, 10].

² Суть игры в следующем. Плоские четырехклеточные фигуры различной формы по одной появляются в верхней части игрового поля на экране, движутся вниз до соприкосновения с его нижней границей или с уже находящейся на поле фигурой, после чего останавливаются. Пока фигура движется вниз испытуемый должен, используя четыре кнопки на клавиатуре (для вращения и/или движения фигуры), так подогнать фигуру, чтобы она, «вклиниваясь» между уже остановившимися фигурами, не образовывала пустот, заполняя своей частью горизонтальный ряд клеток. Заполненный таким образом ряд исчезает с экрана, и вес оставшихся выше фигуры и оставшихся части фигур опускаются вниз на один ряд, изменяя в результате ситуацию на игровом поле. За каждый «укомплектованный» ряд присваиваются очки. По мере увеличения счета скорость «падения» фигур увеличивается, усложняя задачу. Игра прекращается, как только новой появившейся фигуре «нкуда» двигаться. Цель игры — избегая заполнения игрового поля уничтожением рядов, набрать как можно больше очков до ее завершения.

Графическая проверка выявленной взаимосвязи variability сердечного ритма с психической работоспособностью производилась путем математической полосовой фильтрации кардиоритмограмм для выделения колебаний именно в тех частотных зонах, амплитуда модуляций в которых связана с психической работоспособностью. Для этого использована компьютерная программа, разработанная Kurt Annen (URL — http://www.web-reg.de/bp_addin.html). В программе реализована методика полосовой фильтрации, предложенная Кристиано и Фицджеральдом [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Корреляционный анализ показал существование взаимосвязи между периодограммой сердечного ритма и результатом игры в «Тетрис». На диаграммах коэффициентов корреляции (рис. 1) видны три волны увеличения и уменьшения силы корреляционной связи, а именно: в частотном диапазоне 0.06—0.11, 0.11—0.20 и 0.25—0.35 кол/ки. Однако эта корреляционная связь достаточно сильна ($p \leq 0.05$) только в отношении сердечного ритма покоя и только в двух частотных диапазонах 0.27—0.33 кол/ки (максимально 0.86 на частоте 0.30 кол/ки) и 0.14—0.16 кол/ки (максимально 0.77 на частоте 0.15 кол/ки).

Значит, амплитуда «периодических» модуляций сердечного ритма покоя на этих частотах положительно связана с психической работоспособностью. Вывод этот кажется нам более надежным, чем при обычных корреляционных исследованиях на основании следующего. Во-первых, в отличие от отдельного коэффициента корреляции волна последовательного их увеличения и уменьшения при переходе от частоты к частоте не может быть случайностью. Во-вторых, вероятность случайности кажется нам еще меньше, если принять во внимание, что эта закономерность проявляется на одних и тех же частотах и в покое, и во время психической нагрузки.

На кардиоритмограммах, обработанных математическим фильтром, видно, что испытуемые с высокой психической работоспособностью отличались от испытуемых с низкой психической работоспособностью не столько амплитудой отдельных модуляций сердечного ритма на определенных нами частотах, сколько средним их уровнем (рис. 2).

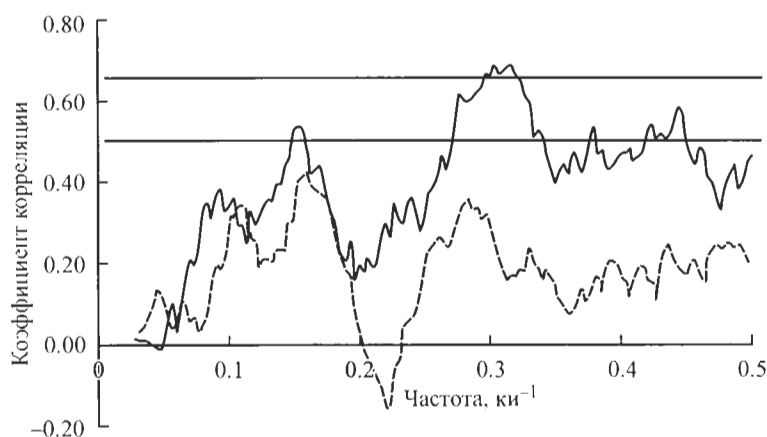


Рис. 1. Графическое изображение зависимости коэффициентов корреляции от частоты периодограммы сердечного ритма.

Сплошная линия — корреляции с периодограммой сердечного ритма «покоя» (до игры в «Тетрис»); пунктирная линия — корреляции с периодограммой сердечного ритма, наблюдавшегося во время игры в «Тетрис». Горизонтальные линии: при $p = 0.05$ — $R = 0.63$; $p = 0.10$ — $R = 0.55$. Кривые подобны друг другу по форме.

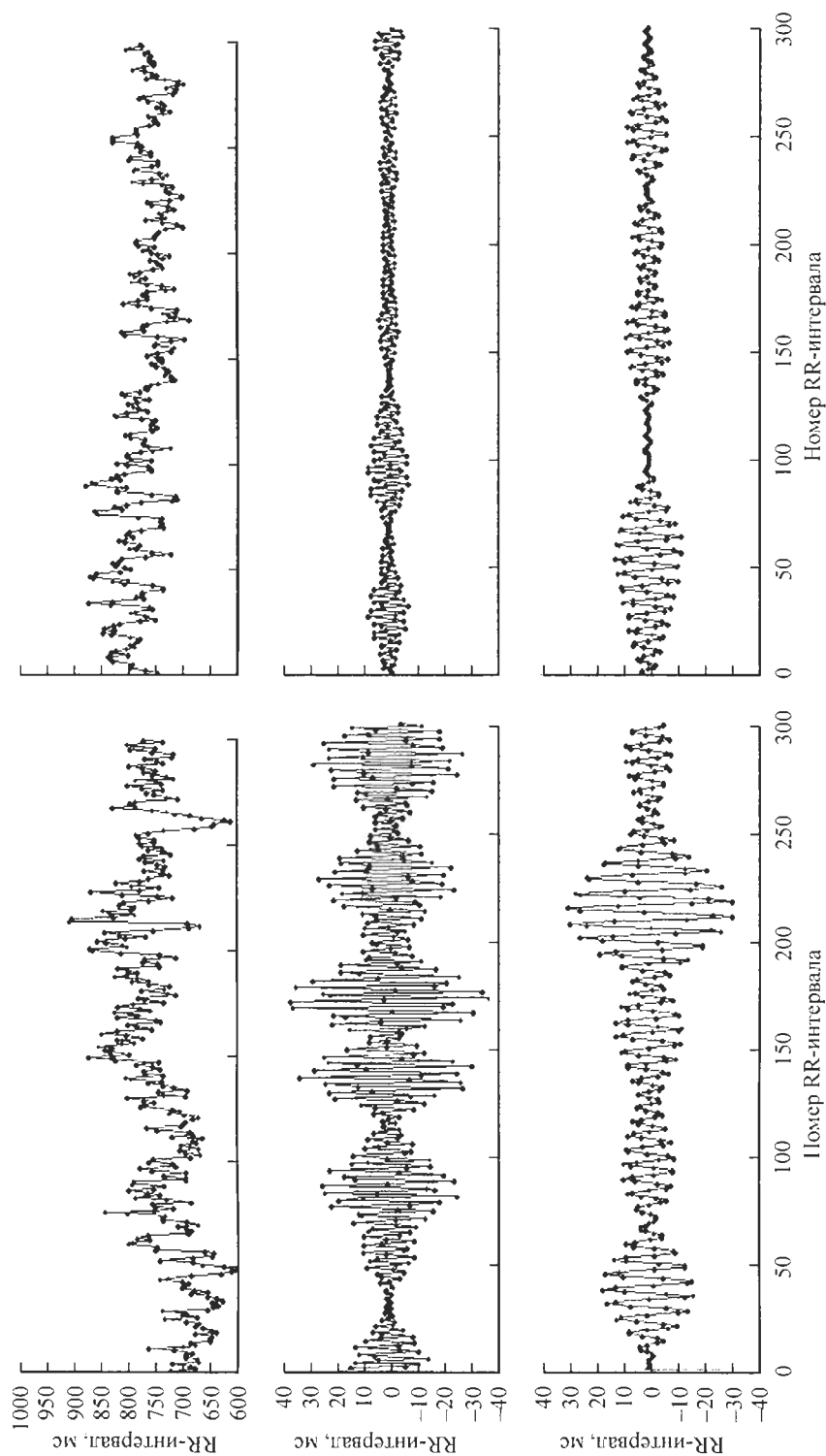


Рис. 2. Примеры кардиограмм.

Левая колонка (3 диаграммы) — испытуемый В-св с высоким результатом игры в «Тетрис», правая колонка (3 диаграммы) — испытуемый К-р с низким результатом игры в «Тетрис». Верхняя пара диаграмм — исходный ряд обработан полосовым фильтром 0.28—0.32 Гц (первая зона, связанная с психической работоспособностью), нижняя пара — исходный ряд обработан полосовым фильтром 0.13—0.16 Гц (вторая зона, связанная с психической работоспособностью). Амплитуда модуляции сердечного ритма в указанных частотных зонах выше у испытуемого с высоким результатом игры в «Тетрис».

Результаты исследования подтверждают выявленную ранее взаимосвязь амплитуды модуляций сердечного ритма на частоте 0.30 кол/ки и психологической готовности к деятельности [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Акентьев П. В. Психическая работоспособность. Проблемы, пути их решения. М. Шит-М. 2007.
- [2] Безруких М. М., Фарбер Д. А. Работоспособность. Психофизиологический аспект. Психофизиология. Словарь. М. ПЕР СЭ. 2006.
- [3] Большаков А. М. Система оценки психической работоспособности для целей профилактической медицины. Вестн. СПбГМА им. И. И. Мечникова. (1—2) : 105—110. 2002
- [4] Еремин А. Л. Психическая работоспособность, информационная стрессоустойчивость и их зависимость от физической подготовленности — аспекты взаимодействия экстеро- и interoцепции. Ноогенез и теория интеллекта. Краснодар. Советская Кубань. 2005.
- [5] Иоселиани К. К. О критериях оценки психической работоспособности. Вторая Всесоюз. конф. по экспериментальной психологии. Львов. 48—49. 1988.
- [6] Иоселиани К. К. Исследование психической работоспособности космонавтов во время полетов на орбитальной станции «Мир». Космич. биология и авиакосмич. медицина. 25 (6) : 8—11. 1991.
- [7] Машин В. А., Машин М. Н. Анализ вариабельности ритма сердца при негативных функциональных состояниях в ходе сеансов психологической релаксации. Физиология человека. 26 (4) : 48—54. 2000.
- [8] Мухин В. Н., Клименко В. М. Состояние мобилизационной готовности и частотная структура вариабельности сердечного ритма. Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 95 (4) : 367—375. 2009.
- [9] Рыжов Б. Н. Психическая работоспособность в экстремальных условиях профессиональной деятельности. Тверь. 2001.
- [10] Сальников С. Н. Психическая работоспособность у здоровых людей в условиях нормального и медикаментозно повышенного оксидативного статуса головного мозга. Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 4 (1) : 120—125. 2005.
- [11] Christiano L. J., Fitzgerald T. J. The band pass filter. Int. Economic Rev. 44 (2) : 435—465. 2003.
- [12] Elsenbruch S., Lovallo W. R., Orr W. C. Psychological and physiological responses to postprandial mental stress in women with the irritable bowel syndrome. Psychosom. Med. 63 (5) : 805—813. 2001.
- [13] Friedman B. H., Thayer J. F. Autonomic balance revisited: panic anxiety and heart rate variability. J. Psychosom. Res. 44 (1) : 133—151. 1998.
- [14] Haier R., Haier R., Karama S., Leyba L., Jung R. MRI assessment of cortical thickness and functional activity changes in adolescent girls following three months of practice on a visual-spatial task. BMC Research Notes. 2 (174). 2009.
- [15] Kirsh D., Maglio P. On distinguishing epistemic from pragmatic action. Cognit. Sci. 18 (4) : 513—549. 1994.
- [16] Laskar M. S., Laskar M. S., Imamoto M., Toibana M., Morie T., Wakui T., Harada M. Heart rate variability in response to psychological test in hand-arm vibration syndrome patients assessed by frequency domain analysis. Ind. Health. 37 (4) : 382—389. 1999.
- [17] Mezzacappa E., Tremblay R. E., Kindlon D., Saul J. P., Arseneault L., Seguin J., Pinl R. O., Earls F. Anxiety, antisocial behavior, and heart rate regulation in adolescent males. J. Child Psychol. Psychiatry. 38 (4) : 457—469. 1997.
- [18] Valkonen-Korhonen M., Tarvainen M. P., Rainta-Aho P., Kajalainen P. A., Partanen J., Karhu J., Lehtonen J. Heart rate variability in acute psychosis. Psychophysiology. 40 (5) : 716—726. 2003.
- [19] Wilson M. Six views of embodied cognition. Psychon. Bull. Rev. 9 (4) : 625—636. 2002.

Поступила 2 III 2011
После доработки 23 V 2011