

УДК 612.821+616.008.61

## РЕГУЛЯЦИЯ РАБОТЫ СЕРДЦА ВО ВРЕМЯ СЛУХОМОТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДВИЖНОСТИ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ

<sup>1</sup>Макаренко Н.В., <sup>2</sup>Лизогуб В.С., <sup>2</sup>Юхименко Л.И., <sup>2</sup>Хоменко С.Н.

<sup>1</sup> НИЦ гуманитарных проблем Вооруженных Сил Украины, Киев

<sup>2</sup> НИИ физиологии им. М. Босого Черкасского национального университета  
E-mail: skhomenko@ukr.net

У операторов мобильной связи с различным уровнем функциональной подвижности нервных процессов (ФПНП) проведен анализ регуляции сердечного ритма при слухомоторной деятельности по дифференцированию слуховой информации. Установлены достоверно высокие значения общей мощности спектра и мощности спектра на высокой, низкой и очень низкой частотах в группе с низким по сравнению с операторами, имели высокий и средний уровни ФПНП. Обсуждается возможность участия ФПНП не только в обеспечении слухомоторной деятельности, но и в активации вегетативных механизмов регуляции сердечного ритма.

*Ключевые слова:* слухомоторная деятельность, регуляция работы сердца, функциональная подвижность нервных процессов.

### Введение

Известно, что информационное перенапряжение возникает в случае необходимости обрабатывать и усваивать большое количество материала, включая и этап принятия решения в условиях дефицита времени, высокого уровня мотивации, стремления работника к максимальному использованию предлагаемой информации [1]. Слухомоторная деятельность является неотъемлемой составляющей многих операторских профессий, в том числе и мобильной связи. Качественная переработка информации мозгом нуждается в соответствующем энергетическом и психоэмоциональном обеспечении. Установлено, что прогнозирование высокой работоспособности мозга возможно только лишь с учетом типологических особенностей нервной системы организма, в том числе функциональной подвижности нервных процессов [2]. Вместе с тем, продолжительная психоэмоциональная нагрузка на аналитические системы, селекция и оперирование акустическими сигналами у операторов может вызывать нарушения и в

деятельности сердечно-сосудистой системы [3, 4]. Не исключено, что в мозговом обеспечении слухомоторной деятельности вместе с высоко генетически детерминированными свойствами нервной системы принимают участие и механизмы регуляции сердца. Доказано, что состояние вегетативной регуляции определяет приспособляемость сердца к различным информационным нагрузкам, а вариабельность сердечного ритма (ВСР) остается одним из наиболее информативных методов ее оценки [5, 6, 7, 8]. Вот почему изучение особенностей переработки информации мозгом и участие механизмов регуляции сердца с учетом индивидуальных типологических особенностей нервной системы остается приоритетным направлением в физиологии и медицине.

В связи с изложенным выше, ставилась задача у операторов мобильной связи с разным уровнем функциональной подвижности нервных процессов (ФПНП) проанализировать особенности регуляции сердечного ритма во время слухомоторной деятельности.

**Объекты, контингенты, методы исследования**

В исследованиях принимали участие 120 здоровых мужчин 18-20 лет, операторов мобильной связи.

В начале у всех испытуемых на компьютерном комплексе «Диагност» [9] по методике Н.В. Макаренко в режиме «навязанного ритма» определяли ФПНП [2]. Определение ФРНП производили путем установления наивысшего темпа дифференцирования положительных и тормозных слуховых раздражителей, которые подавались через наушники бинаурально и следовали один за другим при максимальной экспозиции их предъявления. Перед началом исследования обследуемый получал инструкцию, согласно которой при появлении звука 1000 Гц (высокий тон) ему необходимо на пульте испытуемого быстро нажать и отпустить пальцем правой руки правую кнопку. Появление звука в 300 Гц (низкий тон) требовало быстрого нажатия и отпускания пальцем левой руки левой кнопки. На звук в 600 Гц (средний тон) – тормозной раздражитель – не нажимать ни одну из кнопок. Экспозиция первого раздражителя составляла 1000 мс. Исследуемые были достаточно мотивированы на выполнение максимально быстрой и безошибочной переработки слуховой информации.

Предварительно проводились тренировки на четырех-пяти скоростях предъявления раздражителей: 30, 40, 50, 60, 70 в минуту. Это давало возможность испытуемому не только сконцентрировать внимание на выполнении задания, но и ознакомиться с ритмом подачи сигналов и погасить ориентировочный рефлекс. Основное исследование начиналось с предъявления испытуемому раздражителей на скорости 30 сигналов в минуту, а потом скорость подачи сигналов возрастала дискретно на 10 раздражителей. Время предъявления каждой серии было неизменным и составляло 30 секунд. Общее количество серий, которые последовательно выполнял испытуемый, равнялось тринадцати (от 30-ти до

150-ти раздражителей в минуту). Исследование заканчивали на скорости 150 раздражителей в 1 минуту. Количественным показателем ФРНП была максимальная скорость предъявления сигналов, на которой испытуемый совершал не больше 5-5,5 % ошибок в данной серии. Считали, что чем больше темп предъявления раздражителей, тем выше уровень ФПНП.

Затем на этом же компьютерном комплексе определяли количество переработанной информации путем предъявления слуховой информации в режиме «обратной связи». Обследованному необходимо было в течении 5 минут как можно быстрее дифференцировать положительные и тормозные раздражители. При этом предъявление каждого следующего раздражителя автоматически изменялось в зависимости от правильности ответа. После правильного ответа экспозиция предъявления сигнала уменьшалась, а в случае ошибки — удлинялась на 20 мс.

В условиях покоя и во время слухомоторной деятельности по дифференцированию слуховых раздражителей фиксировали спектральные характеристики сердечного ритма (СР) на приборе «Cardiolab+». Спектральный анализ СР проводили по показателям суммарной мощности спектра (Total Power – TP, мс<sup>2</sup>), мощности спектра на очень низких (VLF, мс<sup>2</sup>), низких (LF, мс<sup>2</sup>) и высоких (HF, мс<sup>2</sup>) частотах [5, 7].

Результаты обрабатывали методами непараметрической статистики пакетом программ Excel-2010.

**Результаты и их обсуждение**

В соответствии с методикой исследования и оценки ФПНП установлено, что ее показатели у операторов мобильной связи колебались от 65,5 до 120,3 раздражителей в минуту. Это дало нам возможность условно разделить всех участников эксперимента по уровню ФПНП на три группы: с высокими (100 и больше), средними (85-95) и низкими (не более 80

раздражителей в минуту) ее значениями.

Операторы с высоким уровнем ФПНП за 5 минут работы по дифференцированию положительных и тормозных раздражителей характеризовались и большим количеством переработанной информации (КПИ) — более 550 раздражителей, по сравнению с представителями других групп: со средним – около 460 раздражителей, и с низким – не более 370 раздражителей.

Спектральный анализ сердечного ритма позволяет судить об относительном преобладании вагосимпатических механизмов регуляции различных отделов ВНС, а также гипоталамо-гипофизарных влияний. Известно, что волновые показатели СР отражают внутреннюю структуру ряда кардиоинтервалов, которая обусловлена комбинацией всех факторов регулирующих ВСР [5, 10, 11]. Сравнительный анализ показателей спектральных характеристик у обследованных разных групп, разделенных по показателю ФПНП, в состоянии покоя достоверных отличий не выявил ( $p > 0,05$ ). В отличие от этого спектральные характеристики сердечного ритма, зафиксированные во время слухомоторной деятельности, достоверно отличались у обследованных с разным уровнем ФПНП (табл. 1).

У обследованных с высоким уровнем установлены достоверно более низ-

кие значения мощности TP, VLF и HF по сравнению с лицами, отнесенными к группе с низкой ФПНП ( $p < 0,05$ ). Промежуточное положение заняли результаты ВСР обследованных со средним уровнем ФПНП.

В литературе подчеркивается, что состояние симпато-вагусного баланса проявляется в показателях ВСР [7, 12]. В связи с этим, возможно, что отличия в значениях СР представителей выделенных нами групп связаны с разным уровнем активации вегетативной нервной системы. Именно, как показано в табл. 1, во время слухомоторной деятельности операторы с низким уровнем ФПНП отличались достоверно более высокими значениями общей мощности спектра, а также мощности спектра на высокой и очень низкой частотах от тех, кто имел высокую функциональную подвижность. Вероятно, такие результаты указывают на усиление централизации в управлении СР у лиц с низким уровнем ФПНП. Известно также, что чем выше общая мощность спектра СР (TP), тем более выражены адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы [10].

Поскольку этот показатель у операторов с низким уровнем ФПНП во время выполнения работы по дифференцированию слухомоторной информации был выше, чем в группе с высоким уровнем исследуемого свойства нервной системы, то можно было бы сделать заключе-

Таблица 1

Показатели сердечного ритма (медиана, первый и третий квартили) и достоверность различий в группах с разной функциональной подвижностью нервных процессов во время слухомоторной деятельности

Показатели	Уровень функциональной подвижности нервных процессов		
	Высокий	Средний	Низкий
TP мс <sup>2</sup>	1280,1* (1060,8; 1410,1)	2481,0 (1743,1; 3261,2)	5243,0 (3612; 6874)
VLF мс <sup>2</sup>	470,1* (386,2; 490,9)	912,0 (292; 1257,99)	1940 (1470; 2428)
LF мс <sup>2</sup>	386,0 (334; 453,1)	596,1 (297,1; 897,06)	825,3 (543,9; 1108,5)
HF мс <sup>2</sup>	280,4* (264; 345,8)	382,1 (268,45; 466,66)	867,33 (639,02; 1101,25)

\* — достоверность отличий  $p < 0,05$  показателей обследованных с высоким и низким уровнем ФПНП.

ние о более высоких адаптационных возможностях сердечно-сосудистой системы у операторов с низким ее уровнем. Однако, такой вывод был бы мало обоснованным, так как: во-первых, общая мощность спектра в состоянии покоя у операторов всех трех групп до работы была одинако-

вой; во-вторых, во время работы этот показатель у всех испытуемых снижался, но все же оставался достоверно более высоким в группе с низкими значениями ФПНП. И наконец, высокие значения ТР у операторов, отнесенных к группе с низким уровнем ФПНП сочетались с высокими значениями спектральной мощности HF, LF и VLF. А, как известно, спектральная мощность VLF по мнению зарубежных авторов [7, 8], характеризует влияние высших вегетативных центров на подкорковые представительства симпатического отдела ВНС. Другие авторы [13] считают, что VLF отражает церебральные эрготропные влияния вышележащих уровней и позволяет судить о функциональном состоянии мозга, а также тесно связана с психоэмоциональным состоянием коры.

Существуют также данные в пользу того, что мощность спектров в VLF диапазоне может использоваться как надежный маркер степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции с надсегментарными, в том числе и гипоталамо-гипофизарными и корковыми уровнями [13]. По данным других авторов, VLF является хорошим индикатором управления метаболическими процессами [14]. Следовательно, полученные нами данные о преобладании низкочастотных компонентов спектра у операторов мобильной связи с низким уровнем ФПНП могут свидетельствовать о превалировании у них симпатических и надсегментарных влияний и отражают повышенную активность центрального, нейрогенного и метаболического уровней регуляции [13]. Существует мнение, что длительное умственное психоэмоциональное напряжение приводит к активации надсегментарных структур системы управления физиологическими процессами, что проявлялось в повышении VLF, и к снижению функциональных резервов сердца [5]. Вот почему более высокие значения ТР в сочетании с высокими значениями VLF во время выполнения работы по дифференцированию положительных и тормозных

раздражителей у операторов мобильной связи, отнесенных к группе с низким уровнем ФПНП, следует считать информационно избыточным способом управления гемодинамикой [4], а состояние как гипердаптивное [15].

Для проверки полученных результатов был использован корреляционный анализ по Спирмену показателей ФПНП, количества переработанной операторами информации и спектральных характеристик СР во время слухомоторной деятельности. С такими спектральными характеристиками сердечной деятельности как VLF, HF, ТР, количеством переработанной информации во время слухомоторной деятельности и ФПНП были установлены достоверные корреляции, соответственно  $r = -0,56, -0,53, -0,51, 0,76$  ( $p < 0,05$ ).

Отрицательная связь была установлена между ФПНП и ТР, VLF, HF, а положительная с количеством переработанной информации ( $p < 0,05$ ). Результаты корреляционного анализа подтвердили наличие связи между спектральными характеристиками ВСР и ФПНП. А именно, чаще всего высокий уровень ФПНП обследованного совпадал с более низкими показателями VLF, HF, LF и ТР.

Таким образом, наличие достоверной корреляции и статистически значимых различий между количеством переработанной операторами информации, спектральными характеристиками СР в группах с разными градациями ФПНП есть экспериментальным доказательством того, что они связаны между собой.

В результате интерпретации полученных результатов возникает вопрос: как объяснить такую связь ФПНП, количества переработанной информации и спектральных характеристик СР? Согласно результатам нашего исследования, лица с высоким уровнем ФПНП за 5 минут работы в большем объеме обрабатывали сложную информацию, чем операторы с низким уровнем исследуемого

типологического свойства нервной системы. Видимо, при выполнении работы пространственно-временная организация мозговой деятельности у лиц с высоким уровнем достигает более высокого функционального уровня, нежели у лиц с низкими ее градациями. Это, очевидно, связано с проявлением скорости объединения различных функционально специфических нервных сетей, в том числе вегетативных, сегментарных и надсегментарных, в одну систему, согласования временных характеристик отдельных нейронов, центров и синхронизации их деятельности [16, 17]. Известно, что результат целой функциональной системы определяется изохронизмом периодов и ритмов возбуждения физиологических субстратов [18]. В физиологии этот закон известен как лабильность (подвижность) [19-21]. Следовательно, у операторов мобильной связи с разным уровнем ФНП обеспечение слухомоторной деятельности отличается формированием вегетативно-специфических уровней активации механизмов регуляции сердца.

Таким образом, ФНП как высоко генетически-детерминированное свойство нервной системы не только составляет нейродинамическую основу максимально возможного темпа безошибочного слухомоторного реагирования, но и вносит значительный вклад в активизацию вегетативных механизмов регуляции сердца, обеспечения соответствующего психофизиологического фона операторов мобильной связи и должна учитываться при организации их деятельности.

### Выводы

1. Установлена корреляция между функциональной подвижностью нервных процессов и регуляторными механизмами управления сердечно-сосудистой системой во время слухомоторной деятельности.
- У испытуемых с высоким уровнем функциональной подвижности выяв-

лены более низкие значения общей мощности и спектра на высокой и очень низкой частотах. Представителям с низким уровнем характерны более высокие значения суммарной мощности спектра, мощности спектра на высокой и очень низкой частотах.

2. Функциональная подвижность нервных процессов, являясь высоко генетически-детерминированным свойством высшей нервной деятельности, не только составляет нейродинамическую основу максимально возможного темпа безошибочной слухомоторной деятельности, но и вносит значительный вклад в активизацию вегетативных механизмов регуляции работы сердца, обеспечивая адекватную психофизиологическую деятельность и при дальнейшем ее изучении может быть использована в системе отбора операторов мобильной связи.

### Литература

1. Медведев В.И., Леонова А.Б. Функциональные состояния человека. — СПб.: Наука, 1993. — 225 с.
2. Макаренко Н.В. Основы профессионального отбора военных специалистов и методики изучения индивидуальных психофизиологических отличий между людьми / Ин-т физиологии им. А.А. Богомольца НАН Украины, Научно-исследовательский центр гуманитарных проблем Вооруженных Сил Украины. — Киев.: 2006. — 395 с. (на укр. языке).
3. Данилова Н.Н. Психофизиология. — М.: Аспект Пресс, 1998. — 324 с.
4. Демидов В.А. Особенности гемодинамики и потребность миокарда в кислороде у молодых здоровых лиц // Материалы XX съезда физиологического общества им. И.П. Павлова. — М., 2007. — 463с.
5. Баевский Р.М., Иванов Г.Г. Анализ variability ритма сердца при использовании различных электро-

- кардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. — 2001. — №24. — С. 65—87.
6. Ноздрачев А.Д., Котельников С.А., Мажара Ю.П., Наумов К.М. Один из взглядов на управление сердечным ритмом: интракардиальная регуляция // Физиология человека. — 2005. — Т. 31, №2. — С. 116-129.
  7. Akselrod S. Components of heart rate variability // Heart rate variability. — N.Y.: Armonk., 1995. — P. 146-164.
  8. Karemaker J.M. Analysis of blood pressure and heart rate variability: theoretical consideration and clinical applicability // Clinical autonomic disorders. Evaluation and management / Ed. P. A. Low. — Boston etc.: Little Brown and Co., 1993. — P. 315-330.
  9. Макаренко Н.В., Лизогуб В.С., Галка М.С., Юхименко Л.И., Хоменко С.Н. Способ оценки психофизиологического состояния слухового анализатора // Заявка № А201002225 на патент об изобретении от 1.03.2010.
  10. Гриднев В.И., Киселев А.Р., Посненко О.М. и др. Применение спектрального анализа вариабельности сердечного ритма для повышения диагностической значимости нагрузочных проб // Вестник Санкт-Петербургского университета. — 2008. — Сер. 11. — Вып. 2. — С. 18-30.
  11. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. — Иваново: Гос. мед. академия, 2002. — 290с.
  12. Richter D. W., Spyer K. M. Cardiorespiratory control // Central regulation of autonomic functions. — N.Y.: Oxford Univ. Press, 1990. — P. 189-207.
  13. Хаспекова Н.Б., Дюкова Г.М., Тумалаева З.Н., Алиева Х.К. Вегетативная регуляция у больных паническими атаками по данным лонгитудинального исследования вариабельности ритма сердца // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова, 1999. — Т. 99. — №7. — С. 41-44.
  14. Fallen E.L., Kamath M.V., Ghista D.N. Power spectrum of heart rate variability: a non invasive test of integrated neurocardiac function. // Clin. Invest. Med. — 1988. — V. 11. — P. 331-340.
  15. Флейшман А.Н. Медленные колебательные процессы гемодинамики: итоги и перспективы фундаментальных и прикладных исследований // Медицина в Кузбассе. — 2004. — № 1. — С. 61-63.
  16. Аракелян А.Н., Григорян В.Г., Агабабян А.Р. Функциональное состояние вегетативной нервной системы по показателям сердечной деятельности при выполнении зрительно-пространственной задачи на компьютере // Журн. высш. нервн. деят. — 2001. — Т. 51. — №2. — С. 248-251.
  17. Свищерская Н.Е., Антонов А.Г. Влияние индивидуально-психологических характеристик на пространственную организацию ЭЭГ при невербально-дивергентном мышлении // Физиология человека. — 2008. — Т. 34 — №5. — С. 34-43.
  18. Иваницкий А.М. Синтез информации в ключевых отделах коры как основа субъективных переживаний // Журн. высш. нервн. деят. — 1997. — Т. 47. — Вып. 2. — С. 209-216.
  19. Ухтомский А.А. Лабильность как условие срочности и координирования нервных актов. — Собр. соч. Т. 2. Л., 1951. — С. 97.
  20. Ливанов М.Н. Пространственно-временная организация потенциалов и деятельность головного мозга // Избранные труды. — М.: Наука, 1989. — 398 с.
  21. Введенский Н.Е. Возбуждение, торможение и наркоз // Сеченов И.М., Павлов И.П., Введенский Н.Е. Избр. тр. — М., 1952. — Т. 2: Физиология нервной системы. — С. 397-412.

**Резюме**

РЕГУЛЯЦІЯ РОБОТИ СЕРЦЯ ПІД ЧАС  
СЛУХОМОТОРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ  
ОПЕРАТОРІВ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ З  
РІЗНИМ РІВНЕМ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ  
РУХЛИВОСТІ НЕРВОВИХ ПРОЦЕСІВ

*Макаренко М.В., Лизогуб В.С.,  
Юхименко Л.І., Хоменко С.М.*

У операторів мобільного зв'язку з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів (ФРНП) проведено аналіз регуляції серцевого ритму під час слухомоторної діяльності по диференціюванню слухової інформації. Встановлені вірогідно вищі значення загальної потужності спектру і потужності спектру на високій, низькій і дуже низькій частотах у групі з низьким у порівнянні з операторами, що мали високий і середній рівні ФРНП. Обговорюється можливість участі ФРНП не тільки в забезпеченні слухомоторної діяльності, а і в активації вегетативних механізмів регуляції серцевого ритму.

*Ключові слова: слухомоторна діяльність, регуляція роботи серця, функціональна рухливість нервових процесів.*

**Summary**

THE REGULATION OF THE HEART WORK  
DURING AUDIO-MOTOR ACTIVITY OF  
MOBILE COMMUNICATION OPERATORS  
WITH THE DIFFERENT LEVEL OF  
NERVOUS PROCESS FUNCTIONAL  
MOBILITY

*Makarenko N.V., Lizogub V.S.,  
Yukhimenko L.I., Khomenko S.N.*

The regulation of heart rhythm during audio-motor activity while differentiating auditory information was analyzed among mobile communication operators with different level of functional activity of nervous processes (FANP). Reliably higher indexes of general spectral power and spectral power at high, low and very low frequencies were determined in the group with low level of FANP compared with the operators with high and low level of typological peculiarities of nervous system. The possibility of FANP part in not only providing audio-motor response but activating vegetative mechanisms of heart activity regulation was discussed.

*Keywords: auricular-motoric activity, regulation of the heart, functional mobility of nervous processes.*

*Впервые поступила в редакцию 15.03.2013 г.  
Рекомендована к печати на заседании  
редакционной коллегии после рецензирования*

УДК 613.86 : 159.9 : 371.212

**ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕБІГУ ПРОЦЕСІВ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОЇ  
АДАПТАЦІЇ ТА ФОРМУВАННЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ ФУНКЦІЙ  
ОРГАНІЗМУ УЧНІВ СУЧАСНОЇ ШКОЛИ**

***Сергета І.В., Мостова О.П.***

*Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова  
e-mail: serheta@ukr.net*

В ході проведених досліджень встановлені особливості перебігу процесів психофізіологічної адаптації і, отже, процесів формування психофізіологічних функцій учнів 14–17 років в умовах навчання в старших класах сучасної школи. На підставі вивчення провідних показників функціонального стану вищої нервової діяльності, зорової сенсорної системи та сомато-сенсорного аналізатора виявлений достатньо стабільний характер адаптаційних перетворень психофізіологічного змісту впродовж часу перебування в старших класах сучасної школи. Визначений цілий ряд статево-зумовлених