

ОЦЕНКА ЭМОЦИОНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ У МУЖЧИН С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В УСЛОВИЯХ КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКИ

И.Б. Сиваченко¹, Д.С. Медведев^{1,2}, А.Н. Павлова¹

¹ Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека ФМБА, г. Санкт-Петербург, Россия

² Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург, Россия

Обоснование. Ввиду непрерывного возрастания значения информационных технологий во всех сферах жизни общества становится крайне актуальной проблема влияния на человека значительных когнитивных нагрузок, предшествующих формированию информационного стресса. В статье представлен анализ результатов исследований устойчивости к когнитивным нагрузкам мужчин с различным уровнем физической активности, выполненных в 2018–2019 гг. **Цель:** оценить динамику психофизиологических реакций у мужчин с различным уровнем физической активности в условиях значительной когнитивной нагрузки. **Материалы и методы.** Оценка степени напряжения регуляторных механизмов проводилась с использованием расчетного индекса функциональных изменений. Моделируемая ситуация нагрузки заключалась в выполнении заданий Горбова – Шульте в условиях дефицита времени, повышенной мотивации и влияния помех. Осуществлялась непрерывная регистрация показателей состояния сосудистого тонуса и кровенаполнения сосудов, частоты сердечных сокращений, электрической активности кожи. **Результаты.** Установлено, что различный уровень вовлеченности в физкультурно-спортивную деятельность специфически связан с показателями адаптации человека к условиям значительной когнитивной нагрузки. Динамика электрической активности кожи, частоты сердечных сокращений, состояния сосудистого тонуса и кровенаполнения сосудов у лиц с умеренной физической активностью отражает оптимальные реакции на предъявляемые условия нагрузки. **Заключение.** Лица, систематически занимающиеся физической культурой, в данных условиях имеют более высокий адаптационный потенциал сосудистого звена сердечно-сосудистой системы в сравнении с профессиональными спортсменами и не занимающимися физической культурой и спортом.

Ключевые слова: уровень физической активности, когнитивная нагрузка, адаптация, информационный стресс.

Введение

В последнее время отмечается непрерывное возрастание значения информационных технологий в социальной и профессиональной сферах жизни общества. Фактор информационной нагрузки приобретает глобальный характер, что приводит к снижению уровня здоровья и работоспособности. В связи с этим обосновано выделение отдельного явления – информационного стресса, возникающего в результате значительных когнитивных нагрузок.

Любая умственная деятельность человека практически сопровождается определенной степенью эмоционального напряжения (Матюхин, 1994; Климов, 2012). Отклонение физиологических коррелятов эмоционального напряжения от оптимального уровня влечет за

собой увеличение энергозатрат организма и снижение эффективности работы.

В научных исследованиях отмечается рост интереса к изучению возможности повышения устойчивости человека к когнитивным нагрузкам за счет механизмов физической активности (Roth, 1987; Сиваченко с соавт., 2019). Показано, что физические занятия способствуют оптимизации энергозатрат в сложных и экстремальных ситуациях (Grews, 2004; Etnier, 2006). Однако физическая активность на уровне спорта существенно отличается от физической культуры. Принципиальные их различия ставят под сомнение очерченный в исследовательских работах (Зеленина с соавт., 2009) линейный характер взаимосвязи между уровнем физической активности и устойчивостью к когнитивной нагрузке.

Цель исследования: оценить динамику психофизиологических реакций у мужчин с различным уровнем физической активности в условиях значительной когнитивной нагрузки.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 214 практически здоровых мужчин (студенты различных вузов города, в том числе спортивных кафедр) в возрасте 20–30 лет. Уровень физической активности испытуемых определялся на основании анкетирования и результатов оценки переносимости нагрузки аэробной мощности на беговой дорожке «Intertrack-750» Schiller AG, Швейцария. Для оценки интенсивности использования приемов психической саморегуляции использовался опросник Романцевой «Методы выбора способов саморегуляции на экзамене». Психологическое состояние участников на момент исследования оценивалось тестами «Самочувствие, активность, настроение» (САН) и «Интегративный тест тревожности».

Методика воздействия когнитивной нагрузки заключалась в выполнении заданий Горбова – Шульте (предусматривающего трехкратное предъявление таблиц 7×7 квадратов¹) в условиях дефицита времени, повышенной мотивации (моделировался процесс соревнования) и влияния помех (метронома с частотой 1 стук в секунду). Устойчивость к нагрузке оценивалась на основании динамики физиологических коррелятов эмоционального напряжения: показателей фотоплетизмографии (ФПГ) – состояния сосудистого тонуса и кровенаполнения сосудов, частоты сердечных сокращений (ЧСС), электрической активности кожи (КПР). Непрерывная регистрация указанных показателей осуществлялась посредством съема с датчиков автономного блока испытуемого АБП-4 аппаратно-программного комплекса «Эгоскоп» (Медиком МТД, Таганрог). Для оценки степени напряжения регуляторных механизмов использовался расчетный индекс функциональных изменений (соотношение значения показателя на этапах выполнения заданий и значений исходного уровня). Данный индекс вычислялся отдельно для каждого этапа методики и в среднем по 3 этапам нагрузки и пауз.

¹ Методические рекомендации к аппаратно-программному комплексу «ЭГОСКОП» А_3892-01_МР ОТ 01.04.2008 г.

Результаты

Разработанная и апробированная ранее модель воздействия когнитивной нагрузки (Сиваченко с соавт., 2019) позволила оценить динамику физиологических реакций, характеризующих уровень эмоционального напряжения у 218 участников привлеченной к исследованию выборки (124 человека, которые прошли методику когнитивной нагрузки, и 94 человека группы контроля). В табл. 1 представлены итоговые средние значения физиологических коррелятов эмоционального напряжения по результатам исследований, проведенных в 2018 и 2019 гг.

Для проведения оценки показателей эмоционального напряжения в условиях значительной когнитивной нагрузки факторов у лиц с различным уровнем физической активности вся основная группа (124 человека) была разделена по степени вовлеченности в физкультурно-спортивную сферу деятельности. Сформированы три группы: занимающиеся профессиональным спортом (ПС), занимающиеся физической культурой (ФК), не занимающиеся физической культурой и спортом (ФКиС). Краткие обобщенные характеристики выделенных групп представлены в табл. 2.

Разделение по группам проводилось на основании результатов анкетирования. Корректность распределения участников подтверждена результатами объективной оценки их физических возможностей переносить нагрузки аэробной мощности.

В табл. 3 представлены итоговые средние значения физиологических коррелятов эмоционального напряжения у лиц с различным уровнем физической активности по результатам исследований, проведенных в 2018 и 2019 гг.

Обсуждение

Тенденция увеличения времени медленного кровенаполнения сосудов (ВМКН) в процессе выполнения тестовых заданий у лиц основной группы свидетельствует о высокой эластичности стенок сосудов и адаптационных возможностях работы сердечнососудистой системы в условиях значительной когнитивной нагрузки. Относительно группы контроля указанный адаптационный потенциал не столь выражен. Прослеживаемая тенденция к снижению времени распространения пульсовой волны (ВРПВ) на этапе первой паузы между заданиями может сигнализиро-

Таблица 1
Table 1

Средние значения физиологических показателей на этапах выполнения методики когнитивной нагрузки по результатам исследований, проведенных в 2018 и 2019 гг.
The average values of physiological indicators during the cognitive load test according to the results obtained in 2018 and 2019

| Группа / Этап тестирования Group / Stage | Исходные значения Reference values | Черные цифры Black numbers | Первая пауза First pause | Красные цифры Red numbers | Вторая пауза Second pause | Красные и черные Black and red | Завершение Completion |
|--|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Время распространения пульсовой волны, мс / Pulse wave propagation time, ms | | | | | | | |
| Основная группа (n = 124) Main group (n = 124) | 277,2 ± 8,0 | 269,0 ± 5,0 | 258,3 ± 6,9 | 282,4 ± 6,7 | 277,8 ± 5,7 | 265,4 ± 3,4 | 281,1 ± 11,2 |
| Группа контроля (n = 94) Control group (n = 94) | 264,0 ± 11,4 | 259,5 ± 9,8 | 261,8 ± 10,4 | 253,8 ± 10,4 | 261,0 ± 11,2 | 255,2 ± 10,9 | 273,0 ± 15,0 |
| Время быстрого кровенаполнения, мс / Fast blood filling time, ms | | | | | | | |
| Основная группа (n = 124) Main group (n = 124) | 59,8 ± 1,5 | 58,3 ± 0,5 | 60,7 ± 1,0* | 59,3 ± 0,6 | 59,2 ± 0,7 | 59,7 ± 0,4* | 62,3 ± 1,7 |
| Группа контроля (n = 94) Control group (n = 94) | 60,8 ± 1,0 | 60,0 ± 0,9 | 58,8 ± 1,0 | 59,5 ± 0,9 | 59,5 ± 0,9 | 59,5 ± 0,9 | 61,8 ± 1,6 |
| Время медленного кровенаполнения, мс / Slow blood filling time, ms | | | | | | | |
| Основная группа (n = 124) Main group (n = 124) | 60,3 ± 1,2 | 62,3 ± 0,9* | 61,8 ± 1,0 | 61,2 ± 0,9 | 62,6 ± 1,3* | 62,1 ± 0,9* | 64,8 ± 1,7* |
| Группа контроля (n = 94) Control group (n = 94) | 60,9 ± 1,5 | 61,6 ± 1,4 | 61,1 ± 1,4 | 60,8 ± 1,6 | 61,1 ± 1,5 | 62,0 ± 1,5 | 63,4 ± 1,7 |
| Скорость распространения пульсовой волны, мс / Pulse wave propagation velocity, ms | | | | | | | |
| Основная группа (n = 124) Main group (n = 124) | 7,4 ± 0,2 | 7,8 ± 0,1 | 8,3 ± 0,2* | 7,6 ± 0,1 | 7,6 ± 0,2 | 7,8 ± 0,1* | 7,4 ± 0,3 |
| Группа контроля (n = 94) Control group (n = 94) | 7,6 ± 0,3 | 8,2 ± 0,2 | 7,8 ± 0,3 | 8,1 ± 0,3 | 8,1 ± 0,3 | 8,2 ± 0,3 | 7,8 ± 0,4 |
| Частота сердечных сокращений, уд/мин / Heart rate, bpm | | | | | | | |
| Основная группа (n = 124) Main group (n = 124) | 63,4 ± 1,1 | 67,8 ± 1,3* | 68,4 ± 1,5* | 68,7 ± 1,3* | 69,5 ± 1,4* | 72,9 ± 1,4* | 66,5 ± 1,3* |
| Группа контроля (n = 94) Control group (n = 94) | 62,1 ± 1,0 | 62,6 ± 1,1 | 62,3 ± 1,0 | 61,4 ± 1,2 | 62,7 ± 1,0 | 63,2 ± 1,0 | 62,8 ± 1,9 |
| Кожная проводимость, мкСм / Skin conductivity, mmhos | | | | | | | |
| Основная группа (n = 124) Main group (n = 124) | 42,4 ± 1,5 | 42,9 ± 1,5* | 42,9 ± 1,5* | 43,1 ± 1,5* | 43,6 ± 1,6* | 44,6 ± 1,6* | 46,6 ± 1,7* |
| Группа контроля (n = 94) Control group (n = 94) | 43,9 ± 1,9 | 44,0 ± 1,9 | 44,1 ± 1,9 | 44,2 ± 1,9 | 44,2 ± 1,9 | 44,2 ± 1,9 | 44,3 ± 1,9 |

* – различия в группе достоверны (критерий Вилкоксона, $p < 0,05$) по сравнению с исходными значениями; жирным шрифтом – различия достоверны (критерий Манна – Уитни, $p < 0,05$) по сравнению с группой контроля.

* – differences in the group are significant (Wilcoxon test, $p < 0.05$) compared with the initial values; in bold – the differences are significant (Mann – Whitney test, $p < 0.05$) compared with the control group.

вать о происходящем процессе динамического изменения функционального состояния.

Отсутствие четко выраженного направления тренда по показателям ФПГ, возможно, не связано со статистической высокой вариативностью значений. Регуляторная система человека включает в себя механизмы разного уровня и скорости регуляции (Гаврилова, 2014). Показатели ФПГ обладают слабой надежностью при больших интервалах измерения, однако крайне реактивны и чувствительны, что может стать основой каскада краткосрочных

регуляторных ответов на изменения в являемой нагрузке. Можно предположить, что нестабильные колебания показателей ФПГ в границах узкого канала формирует хорошо оптимизированная система баланса краткосрочного напряжения – восстановления, обусловленная гибкостью и подвижностью системы сердечно-сосудистой регуляции.

Наиболее информативными в исследовании оказались показатели ЧСС и КПр.

Усложнение тестовых заданий, а также ступенчатый характер предъявляемой нагрузки

Таблица 2
Table 2

Обобщенные характеристики выделенных групп
Generalized characteristics of the selected groups

| Характеристика / группа Characteristic / group | Занимающиеся ПС, чел. Athletes, number of people (n = 52) | Занимающиеся ФК, чел. PE group, number of people (n = 41) | Не занимающиеся ФКиС, чел. Not engaged in PE, number of people (n = 31) |
|---|---|---|---|
| Уровень физической активности Physical activity | Высокая интенсивность тренировок, 3–6 и более раз в неделю с целью спортивных достижений High intensity training 3–6 or more times a week for performance enhancement | Умеренная интенсивность тренировок, не более 2 раз в неделю с целью поддержания «хорошей» физической формы, оздоровления Moderate training intensity of not more than 2 times a week to stay fit and healthy | Низкая интенсивность ситуативных занятий, менее 1 раза в неделю с целью активного отдыха и развлечения Low intensity exercises less than 1 time per week for entertainment and recreational purposes |
| Квалификация Qualification | 98,1 % – наличие спортивного разряда (включая 42,3 % – МС) 98.1 % have a sports title (including 42.3 % – Master of Sports) | 48,8 % – наличие спортивного разряда от КМС (19,5 %) до 2-го взр. разряда 48.8 % have a sports title of the Candidate for Master of Sports (19.5 %) or 2nd senior category | 93,5 % участников без спортивного разряда 93.5 % of participants without a sports title |
| Физические показатели на беговой дорожке (достоверные различия) Treadmill data (significant differences) | Наибольшие значения мощности, выполненной работы и времени выполнения нагрузки The highest values of power, work performed and load execution time | Средние значения мощности, выполненной работы и времени выполнения нагрузки The average values of power, work performed and load execution time | Наименьшие значения мощности, выполненной работы и времени выполнения нагрузки The lowest values of power, work performed and load execution time |
| Психологическое состояние участников Psychological status of participants | По показателям самочувствия, активности, настроения средние значения выше 5,0 баллов, что свидетельствует о высоком уровне составляющих функционального психоэмоционального состояния. Уровень ситуативной тревожности также не выходит за границы нормы (ниже 3,0 баллов). Достоверных различий между группами не выявлено According to the indicators of well-being, activity, mood, average values are higher than 5.0 points, which indicates a high functional psycho-emotional status. The level of situational anxiety also does not go beyond the norm (below 3.0 points). No significant differences between the groups were revealed | | |
| Используемые методы произвольной саморегуляции Self-regulation methods | Чаще используют методы саморегуляции; в основном конструктивные – логического понимания ситуации, управление дыханием Self-regulation methods are mostly used. These are mostly constructive methods such as a logical understanding of the situation, breath control, etc. | Реже используют методы саморегуляции; высокая избирательность методов, предпочитаемые методы – анализ собственного состояния Self-regulation methods are used less frequently; high selectivity of methods, preferred methods are those aimed at the analysis of one's own state of mind | В меньшей степени используют методы саморегуляции; не используют методы анализа собственного состояния Methods of self-regulation are used to a lesser extent; methods aimed at the analysis of one's own state of mind are not used |

позволили оценить степень мобилизации организма испытуемых, вовлечение физиологических и энергетических ресурсов в процессе выполнения методики. Значительное превышение расчетного индекса функциональных изменений в среднем на этапах пауз относительно этапов нагрузки по показателю КПр (на 6,7 %) свидетельствует об увеличении активности процессов централизации регуляторных механизмов. Усиление контроля со

стороны более высокоорганизованных нейронных структур (ядра ствола мозга, гипоталамуса и коры головного мозга) повышают физиологическую «цену» деятельности (Гаврилова, 2014; Баевский, 1999). Значительный рост электрической проводимости кожи на этапе выполнения третьего и самого сложного задания (резкое расширение коридора изменений относительных величин КПр в 2,1 раза) может быть обусловлен быстрой выработкой

Таблица 3
Table 3

Средние значения физиологических показателей у лиц с различным уровнем физической активности по результатам исследований, проведенных в 2018 и 2019 гг.
The average values of physiological indicators according to the results obtained in 2018 and 2019

| Группа / Этап тестирования Group / Stage | Исходные значения Reference values | Черные цифры Black numbers | Первая пауза First pause | Красные цифры Red numbers | Вторая пауза Second pause | Красные и черные Black and red | Завершение Completion |
|--|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Время распространения пульсовой волны, мс / Pulse wave propagation time, ms | | | | | | | |
| Занимающиеся ПС (n = 52) Athletes (n = 52) | 288,7 ± 13,6 | 275,7 ± 8,3 | 251,1 ± 11,5 | 284,3 ± 9,0 | 274,2 ± 8,3 | 274,1 ± 4,4 | 275,3 ± 16,6 |
| Занимающиеся ФК (n = 41) PE group (n = 41) | 256,0 ± 8,7 | 269,5 ± 9,0 | 259,2 ± 9,3 | 291,9 ± 15,3* | 283,6 ± 11,3* | 259,4 ± 6,5 | 289,4 ± 21,1 |
| Не занимающиеся ФКиС (n = 31) Not engaged in PE (n = 31) | 285,9 ± 19,0 | 257,3 ± 8,2* | 269,3 ± 15,3* | 266,9 ± 9,6* | 276,1 ± 10,7* | 258,6 ± 7,7* | 280,0 ± 22,0* |
| Время быстрого кровенаполнения, мс / Fast blood filling time, ms | | | | | | | |
| Занимающиеся ПС (n = 52) Athletes (n = 52) | 59,7 ± 1,1 | 58,9 ± 0,7 | 61,6 ± 1,3 | 59,4 ± 0,8 | 58,4 ± 1,3 | 59,8 ± 0,6 | 57,7 ± 1,4 |
| Занимающиеся ФК (n = 41) PE group (n = 41) | 63,0 ± 4,2 | 57,6 ± 1,0* | 58,1 ± 1,4* | 58,4 ± 1,1 | 59,4 ± 1,0* | 59,2 ± 0,8 | 64,3 ± 4,2 |
| Не занимающиеся ФКиС (n = 31) Not engaged in PE (n = 31) | 55,9 ± 1,3 | 58,1 ± 1,0 | 62,7 ± 2,9 | 60,3 ± 1,0 | 60,4 ± 1,4 | 60,3 ± 0,9 | 67,4 ± 3,0 |
| Время медленного кровенаполнения, мс / Slow blood filling time, ms | | | | | | | |
| Занимающиеся ПС (n = 52) Athletes (n = 52) | 60,0 ± 1,8 | 62,3 ± 1,5 | 62,4 ± 1,6 | 60,9 ± 1,4 | 61,2 ± 1,9 | 62,9 ± 1,3 | 67,4 ± 2,9* |
| Занимающиеся ФК (n = 41) PE group (n = 41) | 56,9 ± 2,2 | 60,3 ± 1,5 | 59,7 ± 1,5 | 59,1 ± 1,6 | 62,0 ± 2,0 | 59,1 ± 1,2 | 60,9 ± 2,8 |
| Не занимающиеся ФКиС (n = 31) Not engaged in PE (n = 31) | 65,0 ± 2,7 | 65,2 ± 2,0 | 63,6 ± 2,2 | 64,3 ± 1,9 | 65,9 ± 3,0 | 64,9 ± 2,0 | 65,8 ± 3,2 |
| Скорость распространения пульсовой волны, мс / Pulse wave propagation velocity, ms | | | | | | | |
| Занимающиеся ПС (n = 52) Athletes (n = 52) | 7,1 ± 0,3 | 7,8 ± 0,2 | 8,4 ± 0,4* | 7,6 ± 0,2 | 7,9 ± 0,3 | 7,7 ± 0,1 | 7,2 ± 0,4 |
| Занимающиеся ФК (n = 41) PE group (n = 41) | 7,6 ± 0,3 | 7,5 ± 0,2 | 8,4 ± 0,4 | 7,5 ± 0,3 | 7,6 ± 0,3 | 8,0 ± 0,2 | 7,4 ± 0,5 |
| Не занимающиеся ФКиС (n = 31) Not engaged in PE (n = 31) | 7,5 ± 0,5 | 8,0 ± 0,2 | 8,1 ± 0,4 | 7,6 ± 0,3 | 7,1 ± 0,3 | 8,0 ± 0,2 | 7,6 ± 0,7 |
| Частота сердечных сокращений, уд/мин / Heart rate, bpm | | | | | | | |
| Занимающиеся ПС (n = 52) Athletes (n = 52) | 62,1 ± 1,8 | 68,0 ± 2,0 | 66,5 ± 2,3* | 67,6 ± 1,9* | 68,7 ± 2,0* | 70,5 ± 1,8* | 68,1 ± 2,0 |
| Занимающиеся ФК (n = 41) PE group (n = 41) | 64,3 ± 1,9 | 66,0 ± 2,2* | 69,2 ± 2,8 | 67,2 ± 2,3 | 67,8 ± 2,5 | 73,5 ± 2,5* | 65,4 ± 2,3 |
| Не занимающиеся ФКиС (n = 31) Not engaged in PE (n = 31) | 64,3 ± 2,3 | 69,7 ± 2,9* | 70,4 ± 2,8* | 72,2 ± 2,8* | 73,1 ± 2,8* | 76,2 ± 3,2* | 65,4 ± 2,6 |
| Кожная проводимость, мкСм / Skin conductivity, mmhos | | | | | | | |
| Занимающиеся ПС (n = 52) Athletes (n = 52) | 42,2 ± 1,8 | 42,6 ± 1,9 | 42,6 ± 1,9 | 43,0 ± 2,0 | 43,4 ± 2,0* | 44,6 ± 2,1* | 45,2 ± 2,3* |
| Занимающиеся ФК (n = 41) PE group (n = 41) | 42,3 ± 2,8 | 42,9 ± 2,8 | 42,7 ± 2,8 | 42,5 ± 2,8 | 42,7 ± 2,9 | 43,8 ± 2,7* | 47,0 ± 3,0* |
| Не занимающиеся ФКиС (n = 31) Not engaged in PE (n = 31) | 42,8 ± 3, | 43,3 ± 3,6 | 43,7 ± 3,7 | 44,0 ± 3,7 | 45,1 ± 4,0* | 45,6 ± 3,8* | 48,1 ± 4,3* |

* – различия в группе достоверны (критерий Вилкоксона, $p < 0,05$) по сравнению с исходными значениями; жирным шрифтом – различия достоверны (критерий Манна – Уитни, $p < 0,05$) по сравнению с группой низкой успешности.

* – differences in the group are significant (Wilcoxon test, $p < 0.05$) compared with the initial values; in bold – the differences are significant (Mann – Whitney test, $p < 0.05$) compared with the low success group.

ресурсов организма и переходом на использование энергетических резервов и, соответственно, вовлечением гуморально-метаболического механизма регуляции.

Резкое повышение ЧСС (на 6,9 %) на этапе выполнения первого тестового задания характеризует отчетливый переход с управления автономного контура регуляции организма испытуемых основной группы на высший – центральный контур. На данном этапе первостепенным является процесс мобилизации человека к выполнению поставленной задачи. Последующее несильное увеличение показателя характеризует адаптационные реакции со стороны сердечно-сосудистой системы, процесс балансирования расхода – пополнения ресурсов, поиска оптимального режима регуляции. Однако резкое увеличение ЧСС на этапе выполнения третьего задания (на 5,3 %) характеризует процесс максимального вовлечения симпатического отдела вегетативной нервной системы в регуляции организма. При этом значительное снижение ЧСС (на 6,5 %) на этапе завершения свидетельствует о выраженной стадии восстановления.

Таким образом, оценка динамики ЧСС и КПр позволяет охарактеризовать уровень мобилизации организма, преобладающее влияние парасимпатического или симпатического отделов вегетативной нервной системы, процесс централизации регуляции, уровень активизации гормонального гомеостаза, вовлечение энергетических ресурсов.

Полученные результаты согласуются с данными А.С. Климова и соавторов относительно динамики средних значений, регистрируемых во время проведения процедуры стресс-тестирования физиологических параметров (Климов с соавт., 2012). Автор отмечал увеличение ЧСС на первых этапах тестирования, постепенное увеличение средних значений в процессе чередования этапов нагрузка – отдых и максимальные значения в момент финального предъявления воздействия (электростимуляция). На стадии завершения прохождения методики также показано значительное восстановление ЧСС практически до исходных значений. Схожесть динамики функциональных изменений наших данных и А.С. Климова обнаруживается также в наличии двух ключевых этапов: пиковые значения ФПГ, реакции дыхания и кожно-гальванической реакции – на стадии подго-

товки к первому заданию и выполнения третьего задания.

Результаты оценки психологического состояния лиц в выделенных по уровню физической активности группах свидетельствуют об отсутствии признаков нарушений в состоянии испытуемых на момент исследования. Группы не отличались по показателям тревожности, самочувствия, активности и настроения между собой, что является основой корректности и объективности анализа результатов оценки динамики физиологических компонентов психического состояния.

Различные процессы, протекающие в организме человека (прежде всего психические), при развитии утомления в условиях значительной когнитивной нагрузки нарушаются не одновременно. Начальными проявлениями утомления является снижение показателей тех процессов, которые не играют решающей роли в конкретной профессиональной деятельности (Егоров с соавт., 1985). Неодновременное снижение различных показателей функционального состояния организма объясняется перераспределением уровней активности между функциями центральной нервной системы и их отдельными характеристиками. Такое перераспределение рассматривается как одно из качеств саморегуляции, которая обуславливает формирование эмоционального напряжения в процессе умственной деятельности. Высокое эмоциональное напряжение сопровождается снижением роли перераспределения уровней активности между функциями центральной нервной системы и их характеристиками (Матюхин, 1994).

Увеличение ВРПВ, а также ВМКН (на 14,0 %) сосудов в процессе выполнения тестовых заданий у лиц группы «занимающиеся ФК» свидетельствует о более высоком уровне адаптационных возможностей работы сердечно-сосудистой системы в условиях когнитивной нагрузки по сравнению с лицами других групп. Прослеживаемая тенденция к снижению указанных показателей перед выполнением задания может свидетельствовать об изменении функционального состояния, ослаблении организма перед последующим краткосрочным увеличением общего тонуса.

Динамика значений ЧСС у участников, занимающихся ФК, также свидетельствует о невысоком уровне эмоционального напряжения. Можно выделить активную стадию преобладания компонента расслабления в систе-

ме вегетативной регуляции у участников данной группы на этапе выполнения второго тестового задания и в последующей паузе. Отмечено снижение ЧСС (на 12,6 %) на этапе завершения теста практически до исходных значений. Указанные особенности динамики ЧСС в группе «занимающиеся ФК» могут быть обусловлены присущими оптимальными адаптационными процессами, в основе которых лежит гибкая и подвижная система перестройки с автономного контура регуляции на более централизованные механизмы. Процесс активации функциональных ресурсов, оцениваемый по динамике ЧСС, в группе спортсменов на этапе подготовки к выполнению первого задания характеризует кратковременные высокие энергозатраты. Максимальное вовлечение ресурсов организма спортсменов способствует результативности, что соответствует привычной деятельности соревнования, однако является энергозатратным. Изменение значений ЧСС на протяжении теста указывают на «допустимое» напряжение регуляторных механизмов. Такие изменения являются возможными проявлениями хронического утомления (Медведев с соавт., 1970; Копанев, 1987; Мойкин с соавт., 1987). Полученные результаты согласуются с отмеченным в физиологии труда положением, согласно которому при наступающем утомлении человек благодаря волевому усилию, мобилизирующему функциональные резервы организма, может более или менее длительное время поддерживать заданный или необходимый уровень работоспособности (Медведев с соавт., 1970; Smelik P.G., 1987; Isard G.E., 1993).

Сравнивая выделенные группы участников по максимальным значениям ЧСС в процессе выполнения теста, индексу функциональных изменений, диапазону изменения средних значений, отмечено, что группа лиц, не занимающихся ФКиС, характеризуется непрерывным возрастанием степени напряжения регуляторных механизмов.

Указанные в группах отличия значений КПр свидетельствуют о более высоком уровне эмоционального напряжения в условиях значительной когнитивной нагрузки у обследованных лиц, не занимающихся ФКиС. При этом наблюдаемая динамика значений показателя характеризует нарастание напряжения. Индекс функциональных изменений отражает уровень «допустимой мобилизации» функциональных резервов. Увеличение расчетного

индекса от первого этапа к завершению теста на 10,5 % свидетельствует об увеличении напряжения регуляторных механизмов. В остальных двух группах выявленный эффект менее выражен. Регуляция частоты сердечных сокращений и электрической активности кожи у лиц, не занимающихся физическими тренировками, в ситуации предъявления когнитивной нагрузки среди трех групп отмечена как «неоптимальная». В свою очередь динамика показателя в группе «занимающиеся ФК» характеризовалась значительным периодом восстановления (изменение значений КПр в диапазоне 1 % вплоть до периода второй паузы). И только на этапе попеременного выбора чисел регуляторные системы организма начинают реагировать активизацией и использованием ресурсов на предъявляемую нагрузку.

Заключение

Выявленные изменения физиологических коррелятов эмоционального напряжения (электрической активности кожи, частоты сердечных сокращений, состояния сосудистого тонуса и кровенаполнения сосудов) в условиях значительной когнитивной нагрузки не находятся в прямой зависимости от степени тренированности человека.

Динамика указанных коррелятов эмоционального напряжения у квалифицированных спортсменов характеризуется более выраженными краткосрочными энергозатратными реакциями на предъявляемые условия когнитивной нагрузки, чем у лиц, занимающихся умеренной физической нагрузкой.

Лица, систематически занимающиеся физической культурой, в условиях значительной когнитивной нагрузки имеют более высокий адаптационный потенциал сосудистого звена сердечно-сосудистой системы в сравнении с профессиональными спортсменами и не занимающимися физической культурой и спортом.

Литература

1. Баевский, Р.М. Научно-теоретические основы использования анализа вариабельности сердечного ритма для оценки степени напряжения регуляторных систем организма / Р.М. Баевский // *Компьютерная электрокардиография на рубеже XX–XXI столетий: тез. междунар. симп.* – М., 1999. – С. 116.
2. Гаврилова, Е.А. Ритмокардиография в спорте: монография / Е.А. Гаврилова. –

СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2014. – 164 с.

3. Егоров, В.А. О комплексном подходе к изучению и профилактике утомления у лиц операторского профиля / В.А. Егоров, В.И. Копанев // Физиологические проблемы утомления и восстановления: тез. докл. – Киев; Черкассы, 1985. – С. 146–147.

4. Зеленина, М.Т. Влияние физической подготовленности на стресс-устойчивость студентов младших курсов / М.Т. Зеленина, И. Русанова, Е.В. Мальчикова // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. – 2009. – № 37. – С. 155–157.

5. Климов, А.С. Общие закономерности психофизиологических реакций организма на воздействие дозированных стрессорных факторов / А.С. Климов, А.П. Булка, К.А. Булка // Психофизиология профессиональной деятельности: Материалы IV Всероссийской науч.-практ. конф. – СПб.: ВМедА, 2012. – С. 212.

6. Копанев, В.И. Методические рекомендации по выявлению утомления и коррекции функционального состояния летчиков-инструкторов авиационных училищ / В.И. Копанев, В.А. Егоров, А.М. Войтенко. – Л., 1987. – 44 с.

7. Матюхин, В.В. Перераспределение уровней активности между функциями ЦНС и ее роль в формировании нервно-психического напряжения при умственной деятельности / В.В. Матюхин // Координация сомато-сенсорных и вегетативных функций при трудовой деятельности: Сб. научных трудов. – Тверь, 1994. – С. 32–41.

8. Медведев, В.И. Функциональное состояние операторов / В.И. Медведев // Эргономика: Принципы и рекомендации. Вып. I. – М.: ВНИИ ТЭ, 1970. – С. 127–160.

9. Мойкин, Ю.В. Физиологические основы профилактики перенапряжения / Ю.В. Мойкин, А.И. Киколов, В.И. Тхоревский, Л.Е. Милков. – М.: Медицина, 1987. – 256 с.

10. Сиваченко, И.Б. Разработка и апробация модели воздействия стрессогенными факторами для оценки эмоционального напряжения / И.Б. Сиваченко, А.Е. Ловягина, Д.С. Медведев // Медицина экстремальных ситуаций. – 2019. – № 21(1). – С. 155–162.

11. Сиваченко, И.Б. Стрессоустойчивость мужчин 20–30 лет с различным уровнем физической активности / И.Б. Сиваченко, А.Е. Ловягина, Д.С. Медведев // Вестник спортивной науки. – 2019. – №4. – С. 55–59.

12. Etnier, J.L. A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance / J.L. Etnier, P.M. Nowell, D.M. Landers, B.A. Sibley // Brain Res. Rev. – 2006. – Vol. 52 (1). – P. 19–130.

13. Grews, D.J. Aerobic physical activity effects on psychological well-being in low-income Hispanic children / D.J. Grews, M.R. Lochbaum, D.M. Landers // Percept Mot Skills. – 2004. – Vol. 98, № 1. – P. 319–324.

14. Izard, C.E. Four systems of emotion activation: cognitive and no cognitive processes / C.E. Izard // Psychol. Rev. – 1993. – Vol. 100 (1). – P. 69–90.

15. Roth, D. Influence of aerobic exercise training and relaxation training on physical and psychologic health following stressful life events. / D. Roth, D. Holmes // Psychosomatic medicine. – 1987. – Vol. 49. – P. 355–365.

16. Smelik, P.G. Adaptation and brain function. / P. G. Smelik // Progr. Brain. – 1987. – Res. 72. – P. 3–9.

Сиваченко Иван Борисович, научный сотрудник, Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека, ФМБА России (Санкт-Петербург), avans_d@mail.ru; ORCID 0000-0001-8548-8823

Медведев Дмитрий Станиславович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом физиологической оценки и медицинской коррекции, Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека, ФМБА России (Санкт-Петербург); профессор кафедры лечебной физкультуры и спортивной медицины, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова (Санкт-Петербург), rsc-ide@yandex.ru; ORCID 0000-0001-7401-258X

Павлова Анна Николаевна, младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека, ФМБА России (Санкт-Петербург), gpech@fmbamail.ru

Поступила в редакцию 12 декабря 2019 г.

THE ASSESSMENT OF EMOTIONAL STRESS UNDER COGNITIVE LOAD IN MALES WITH A DIFFERENT LEVEL OF PHYSICAL ACTIVITY

I.B. Sivachenko¹, *avans_d@mail.ru*; ORCID 0000-0001-8548-8823

D.S. Medvedev^{1,2}, *rsc-ide@yandex.ru* ORCID 0000-0001-7401-258X

A.N. Pavlova¹, *gpech@fmbamail.ru*

¹ Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology,
Federal Medical Biological Agency, St. Petersburg, Russian Federation

² North-West State Medical University I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russian Federation

Background. In view of the continuous increase in the importance of information technologies in all spheres of society, the problem of the effect of significant cognitive loads that accompany information stress becomes extremely urgent. The article presents an analysis of studies (2018–2019) on resistance to cognitive loads in males with different levels of physical activity. **Aim.** The article aims to evaluate the dynamics of psychophysiological reactions to cognitive load in males with different levels of physical activity. **Materials and methods.** Regulatory mechanisms were assessed using the index of functional changes. The simulated load consisted in the Gorbov–Schulte table to be made in the conditions of time deficit, increased motivation and interference. Continuous recording of vascular tone, vascular blood flow, heart rate, electrical skin activity was performed. It is established that a different level of physical activity is specifically associated with the adaptation of a person to a significant cognitive load. **Results.** The dynamics of skin electrical activity, heart rate, vascular tone and vascular blood flow in people with moderate physical activity reflects optimal reactions to load. **Conclusion.** Persons systematically involved in physical activity in these conditions have a higher adaptive capacity of the vascular part in comparison with professional athletes and people not engaged in physical activity.

Keywords: *level of physical activity, cognitive load, adaptation, informational stress, emotional effort.*

References

1. Bayevsky R.M. [Scientific and theoretical basis of using the analysis of heart rhythm variability to assess the degree of voltage of the regulatory systems of the body]. *Kompyuternaya elektrokardiografiya na rubezhe XX–XXI stoletiy: tez. mezhdunar. simp* [Computer electrocardiography at the turn of the XX–XXI centuries. Thesis international symposium]. Moscow, 1999, p. 116. (in Russ.).
2. Gavrilova E.A. *Rhytmokardiografiya v sporte* [Rhythmokardiography in sport]. St-Petersburg, North West St. Medicine Univ. Publ., 2014. 164 p.
3. Egorov V.A., Kopanov V.I. [On the complex approach to studying and preventing fatigue in the operator's profile] *Fiziologicheskie problemy utomleniya i vosstanovleniya: Tez. Dokl.* [Physiological problems of fatigue and recovery, thesis]. Kiev; Cherkassy, 1985, pp. 146–147. (in Russ.).
4. Zelenina M.T., Rusanov I., Malchikova E.V. [Influence of physical fitness on stress resilience of students of younger courses] *Nauchno-medicinskij vestnik Centralnogo Chernozemya* [Scientific and medical Bulletin of the Central Chernozem region], 2009, no. 37, pp. 155–157. (in Russ.).
5. Klimov A.S., Bulka A.P., Bulka K.A. [General regularities of psychophysiological reactions of the body on the influence of dosed stress factors]. *Psikhofiziologiya professional'noy deyatel'nosti: Materialy IV Vserossiyskoy nauch.-prakt. konf.* [Psychophysiology of professional activity: Materials of the IV all-Russian scientific conference]. St. Petersburg 2012 [Saint Petersburg]. 2012, MMA, p. 8. (in Russ.).
6. Kopanov V.I., Egorov V.A., Voitenko A.M. *Metodicheskie rekomendatsii po vyyavleniyu utomleniya i korrektsii funktsionalnogo sostoyaniya letchikov-instruktorov aviatsionnykh uchilishch* [Methodic recommendations on the detection of fatigue and correction of the functional condition of pilots-instructors of aviation schools]. Leningrad, 1987. 44 p.

7. Matukhin V.V. [Redistribution of levels of activity between the functions of the CNS and its role in the formation of nerve-mental stress in mental activity]. *Koordinatsiya somato-sensornykh i vegetativnykh funktsii pri trudovoi deyatelnosti* [Coordination of somato-sensory and vegetative functions in labor activity]. Tver, 1994, pp. 32–41 (in Russ.)
8. Medvedev V.I. [Functional operators state] *Ergonomika: Printsipy i rekomendatsii* [Ergonomics: Principles and recommendations]. Moscow, 1970. Is. 1, pp. 127–160 (in Russ.).
9. Moykin U.V., Kikolov A.I., Tkhorevskiy V.I., Milkov L.Ye. *Fiziologicheskie osnovy profilaktiki perenapryazheniya* [Physiological basis of overvoltage prevention]. Moscow, Medicine, 1987. 256 p.
10. Sivatchenko I.B., Lovyagina A.Ye., Medvedev D.S. [Development and testing of the impact model by stress-related factors for the evaluation of emotional effort]. *Medicina ekstremalnykh situatsiy* [Medicine of extreme situations], 2019, no. 21 (1), pp. 155–162. (in Russ.).
11. Sivatchenko I.B., Lovyagina A.Ye., Medvedev D.S. [Stress resistance of men 20–30 years with different levels of physical activity]. *Vestnik sportivnoi nauki* [The Bulletin of Sports Science], 2019, no. 4, pp. 55–59. (in Russ.).
12. Etnier J.L., Nowell P.M., Landers D.M., Sibley B.A. A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Res. Rev.*, 2006, vol. 52 (1), pp. 119–130.
13. Grews D.J., Lochbaum M.R., Landers D.M. Aerobic physical activity effects on psychological well-being in low-income Hispanic children. *Percept Mot Skills*, 2004, vol. 98, no. 1, pp. 319–324.
14. Izard C.E. Four systems of emotion activation: cognitive and no cognitive processes. *Psychol. Rev.*, 1993, vol. 100 (1), pp. 69–90.
15. Roth D., Holmes D. Influence of aerobic exercise training and relaxation training on physical and psychologic health following stressful life events. *Psychosomatic medicine*, 1987, vol. 49, pp. 355–365.
16. Smelik P.G. Adaptation and brain function. *Progr. Brain*, 1987, res. 72, pp. 3–9.

Received 12 December 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Сиваченко, И.Б. Оценка эмоционального напряжения у мужчин с различным уровнем физической активности в условиях когнитивной нагрузки / И.Б. Сиваченко, Д.С. Медведев, А.Н. Павлова // Психология. Психофизиология. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 102–111. DOI: 10.14529/jpps200112

FOR CITATION

Sivachenko I.B., Medvedev D.S., Pavlova A.N. The Assessment of Emotional Stress Under Cognitive Load in Males with a Different Level of Physical Activity. *Psychology. Psychophysiology*. 2020, vol. 13, no. 1, pp. 102–111. (in Russ.). DOI: 10.14529/jpps200112