

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕНА ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У ЛЮДЕЙ С РАЗНОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬЮ В ДИНАМИКЕ ЭНДОХИРУРГИЧЕСКОГО ТРЕНИНГА

© А.В. Клименко¹, С.С. Перцов^{1,2}, И.Ю. Яковенко¹, Е.И. Левкин¹,
Т.У. Самратов¹, М.С. Губенко¹

ФГБОУ ВО Московский государственный медико-стоматологический университет
им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, Россия (1)

ФГБНУ Научно-исследовательский институт нормальной физиологии
им. П.К. Анохина Минобрнауки России, Москва, Россия (2)

Цель. Изучение физиологической цены результата целенаправленной деятельности человека на модели эндохирургического тренинга. **Материалы и методы.** В работе приняли участие 87 мужчин в возрасте 18-24 лет. Испытуемым предлагалось выполнить ряд упражнений по системе «Базовый эндохирургический симуляционный тренинг и аттестация» (БЭСТА) с использованием коробочного тренажера T5 Large RM на протяжении 10 ежедневных тренировок по 30 мин каждая. Фиксировали число допущенных ошибок и время выполнения манипуляций. Во время тренировок регистрировали электромиограмму на аппарате ВЮРАС МР 36. Регистрацию и обработку электрокардиограммы (ЭКГ) проводили до и после тренировок с использованием комплекса «Варикард 2.51». При оценке данных ЭКГ использовали среднюю разницу характеристик спектрального анализа вариабельности сердечного ритма до и после тренинга. **Результаты.** Показано, что высокорезультативные индивиды характеризуются меньшими энергозатратами на совершение двигательной работы в процессе целенаправленной деятельности. Независимо от результативности, целенаправленное поведение в условиях психоэмоционального стресса сопровождается истощением функциональных резервов организма. Низкорезультативные испытуемые демонстрируют более выраженное ослабление парасимпатических (в начале наблюдений) и симпатических (в конце исследования) влияний на функциональную активность сердца. **Заключение.** Выявлены особенности физиологического обеспечения целенаправленного поведения у людей с разной результативностью деятельности на модели эндохирургического тренинга. Достижение лучшего результата в динамике целенаправленной деятельности на указанной модели обеспечивается большей физиологической ценой.

Ключевые слова: целенаправленная деятельность; практическая эндохирургическая подготовка; вариабельность сердечного ритма; электромиография.

PHYSIOLOGICAL 'COST' OF ACTIVITY OF INDIVIDUALS WITH DIFFERENT EFFECTIVENESS IN DYNAMICS OF ENDOSURGICAL TRAINING

A.V. Klimenko¹, S.S. Pertsov^{1,2}, I.Yu. Yakovenko¹, E.I. Levkin¹, T.U. Samratov¹, M.S. Gubenko¹

A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia (1)

P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Moscow, Russia (2)

Aim. The work was designed to study the physiological 'cost' of purposeful behavior on the model of endosurgical training. **Materials and Methods.** The research was implemented on 87



men of 18-24 years of age. The volunteers performed a number of exercises 30 minutes each according to the Basic Endosurgical Simulation Training and Attestation System (BESTA system) on a T5 Large RM box-trainer within 10 consecutive days. The total time and the number of mistakes were recorded. During the training sessions an electromyogram was recorded on a BIOPAC MP 36 device. ECG was recorded and processed using a Varicard 2.51 device before and after the training sessions. ECG was analyzed by evaluation of the average differences of spectral analysis of heart rate variability before and after training. **Results.** It was shown that high-performance individuals were characterized by less energy spent on motor work in purposeful activity. Irrespective of the effectiveness of training, the purposeful behavior in conditions of psychoemotional stress was characterized by depletion of functional reserves of an organism. Low-performance subjects demonstrated a more evident weakening of parasympathetic (start of observations) and of sympathetic influences (end of observations) on the functional activity of the heart. **Conclusion.** Specific features of physiological 'cost' of purposeful behavior in individuals with different effectiveness of the activity were revealed on the model of endosurgical training. Better results in the dynamics of purposeful activity were achieved on this model at a higher physiological 'cost'.

Keywords: *purposeful behavior; practical endosurgical training; heart rate variability; electromyography.*

Согласно современным научным представлениям в основе системной организации целенаправленного поведения лежит мотивация, формирующаяся на основе доминирующей потребности [1,2]. Абсолютно очевидно, что результативность целенаправленной деятельности (ЦД) может варьировать в широких пределах в зависимости от различных факторов. Под эффективностью деятельности понимают физиологическую стоимость единицы результата деятельности [3,4].

Несмотря на значительный вклад исследователей в развитие представлений о процессах регуляции и физиологического обеспечения ЦД, существующие результаты в этой области во многом противоречивы. По оценке одних ученых, целенаправленная деятельность сопровождается активацией стрессреализующих систем организма, в большей степени у высокорезультативных людей [5]. По мнению других авторов, высокого результата ЦД достигают индивиды с преимущественным влиянием парасимпатического отдела нервной системы на функциональную активность сердца [6]. Необходимо подчеркнуть, что подавляющее большинство наблюдений проводится на экспериментальных моделях с однократной регистрацией физиоло-

гических показателей и параметров достигаемого результата ЦД. Имеются немногочисленные данные об изменении указанных характеристик в динамике поведения и при достижении плато результата.

В настоящее время особое внимание исследователей уделяется оценке физиологической цены целенаправленного поведения при психоэмоциональном стрессе [7,8]. Актуальным представляется изучение особенностей физиологического обеспечения поведения у людей с различной успешностью ЦД в условиях стресса на сложных экспериментальных моделях.

Цель работы – изучение физиологической цены результата целенаправленной деятельности на модели эндохирургического тренинга. Определяли изменения показателей вариабельности сердечного ритма и электромиограммы у испытуемых с различной результативностью целенаправленного поведения в динамике наблюдений в указанных экспериментальных условиях.

Материалы и методы

Наблюдения проведены на 87 мужчинах 18-24 лет, проходящих обучение в ФГБОУ ВО Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова Минздрава России. Исследование осуществлено в соответствии с

принципами Хельсинской декларации. Основным критерием включения было отсутствие опыта работы с эндохирургическим инструментарием, а также отсутствие заболеваний опорно-двигательного аппарата и нервной системы, нормальная острота зрения. В процессе исследования на этапе оценки функционального состояния исключались лица с отклонениями от референтного диапазона возрастных нормативов.

Перед началом 1-го дня тренинга участникам исследования демонстрировали базовые приемы работы с эндохирургическими инструментами. Ежедневно испытуемые выполняли 3 базовых упражнения на эндотренажере, выбранные из современных программ симуляционного эндохирургического обучения: «Объективный структурированный клинический экзамен» (Objective Structured Clinical Examination, OSCE) [9], «Глобальная оперативная оценка лапароскопических навыков» (Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills, GOALS) [10], «Базовый эндохирургический симуляционный тренинг и аттестация» (БЭСТА) [11,12].

Все испытуемые прошли 10 тренировок на коробочном тренажере T5 Large RM (3-D Med, США). Тренировочный день включал в себя 3 задания, на каждое из которых выделялось по 5 мин. Задание №1 заключалось в перемещении эндозажимом 4-х поролоновых шариков ($d=3$ мм) из начального положения на вершины столбиков ($h=20$ мм, $d=2$ мм). Задание выполняли правой и левой рукой поочередно.

В ходе задания №2 испытуемые бимануально перемещали 6 полых поролоновых цилиндров ($h=20$ мм, $d=6$ мм, $d_1=4$ мм), нанизанных на пластиковые столбики ($h=20$ мм, $d=2$ мм), на аналогичные по размерам столбики, которые находились на расстоянии 40-80 мм от первоначальных. Испытуемые поднимали цилиндр эндозажимом, который находился в доминирующей руке, передавали его в эндозажим другой руки, не касаясь поверхности рабочей площадки, и далее нанизывали этот цилиндр на свободный столбик.

Задание №3 заключалось в бимануальном вырезании круга с длиной окружности 10 см из бумажной салфетки. Эндоножницы находились в доминирующей руке, эндозажим – во вспомогательной.

За 5-минутный интервал выполнения упражнений учитывали количество допущенных ошибок и незаконченных элементов. В 1-м и 2-м заданиях за ошибку принимали потерю объекта из эндозажима или контакт его с поверхностью. При истечении времени, отведенного на выполнение задания, все неперемещенные объекты считали ошибочными. В 3-м задании количественным показателем ошибок являлась сумма длины некорректно иссеченной окружности при пересечении ее контура (см) и длины не иссеченной окружности по истечении заданного временного интервала (см). Индивидуальные достижения каждого испытуемого заносили в чек-лист. При последующем анализе вычисляли сумму затраченного времени на выполнение всех заданий, а также общее число допущенных ошибок в каждый тренировочный день. Группы испытуемых были сформированы на основании полученных результатов.

Во время каждой тренировки регистрировали электромиограмму (ЭМГ) поверхностным методом на аппарате BIOPAC MP 36 (BIOPAC® Systems, Inc., США) в диапазоне 5-500 Гц. Электроды закрепляли на внутренней поверхности обоих предплечий. При оценке использовали показатель площади волны кривой (mV^2), рассчитанный с использованием программы BIOPAC Student Lab PRO.

Ежедневно до тренинга каждый испытуемый находился в состоянии оперативного покоя на протяжении 1 ч. В течение 5 мин до и после каждой тренировки производили регистрацию ЭКГ в положении сидя (интервал времени между регистрацией ЭКГ и началом/окончанием тренинга не превышал 30 с). Регистрацию и обработку ЭКГ с последующим расчетом вариабельности сердечного ритма (BCP) проводили на комплексе для обработки кардиоинтервалограмм и анализа BCP «Варикард 2.51»

(ООО ИВНМТ «РАМЕНА», Россия). Анализ ВСП выполняли согласно рекомендациям «Международного стандарта» [13-15]. При оценке данных ЭКГ использовали показатели ВСП: общая мощность спектра – TP (m^2), спектральная мощность в высокочастотном диапазоне – HF (m^2), спектральная мощность в низкочастотном диапазоне – LF (m^2). Также определяли среднюю разницу характеристик спектрального анализа ВСП до и после тренинга: общей мощности спектра – ΔTP (m^2), спектральной мощности в высокочастотном диапазоне – ΔHF (m^2), спектральной мощности в низкочастотном диапазоне – ΔLF (m^2).

На основании показателей результативности тренировочной деятельности испытуемые были разделены на указанные ниже группы.

Классификация по скорости выполнения заданий:

- группа I-B – субъекты с высокой скоростью выполнения заданий ($n=22$; 25,29%), I квартиль выборки, медиана 1-го дня тренинга – 515 с (ИКР 480-525 с), медиана 10-го дня тренинга – 240 с (ИКР 232-251 с);

- группа II-B – группа средних значений («фон»; $n=43$; 49,42%), II-III квартиль выборки, медиана 1-го дня тренинга – 624 с (ИКР 584-652 сек), медиана 10-го дня тренинга – 625 с (ИКР 308-345 с);

- группа III-B – субъекты с низкой скоростью выполнения заданий ($n=22$; 25,29%), IV квартиль выборки, медиана 1-го дня тренинга – 777 с (ИКР 741-802 сек), медиана 10-го дня тренинга – 405 с (ИКР 391-426 с).

Классификация по количеству допущенных ошибок:

- группа I-O – субъекты с малым количеством допущенных ошибок ($n=22$; 25,29%), I квартиль выборки, медиана 1-го дня тренинга – 6,1 (ИКР 3,3-7,2), медиана 10-го дня тренинга – 1,3 (ИКР 1-1,5);

- группа II-O – группа средних значений («фон»; $n=43$; 49,42%), II-III квартиль выборки, медиана 1-го дня тренинга – 11,6 (ИКР 9,6-13,4), медиана 10-го дня

тренинга – 3,55 (ИКР 2,7-4,2);

- группа III-O – субъекты с большим количеством допущенных ошибок ($n=22$; 25,29%), IV квартиль выборки, медиана 1-го дня тренинга – 20,9 (ИКР 17,1-24,4), медиана 10-го дня тренинга – 6,3 (ИКР 5,75-7,15).

В соответствии с общей целью исследования дальнейший анализ физиологических показателей в динамике эндоринургия тренинга проводился на испытуемых с крайними значениями результативности ЦД, входящих в I и IV квартили выборки.

Статистическую обработку данных производили при помощи программы Statistica 10.0 (Stat Soft Inc., США). Оценку данных на нормальность распределения выполняли с помощью критериев Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. При оценке всех данных использовали методы непараметрической статистики. Вычисляли медиану и интерквартильный интервал между 25 и 75% процентилями. Статистическую значимость различий оценивали по критериям Манна-Уитни и Уилкоксона. Корреляционный анализ проводили при помощи коэффициента корреляций Спирмена. Статистически значимыми считали значения показателей при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Установлено, что суммарная площадь волны кривой, зафиксированной при регистрации ЭМГ как в исходном состоянии, так и к концу наблюдений в группе I-B была меньше, чем в группе III-B (табл. 1). Межгрупповая разница этого показателя в 1-й день тренинга составила $41,51 \text{ мВ}^2$ (79,91%; $p < 0,0001$), на 10-й день она снизилась до $23,22 \text{ мВ}^2$ (83,91%; $p < 0,0001$). Схожие результаты наблюдались и для групп испытуемых, сформированных по количеству допущенных ошибок. Суммарная площадь волны кривой для указанных дней тренинга в группе I-O была меньше, чем в группе III-O (табл. 1). Межгрупповая разница этого показателя в 1-й день тренинга составила $39,34 \text{ мВ}^2$ (69,13%; $p < 0,02$), на 10-й день тренинга она уменьшилась до $7,94 \text{ мВ}^2$ (24,5%; $p > 0,05$).

Таблица 1

Площадь волны кривой ЭМГ у испытуемых разных групп

День наблюдений	Группа I-V (мВ ²)	Группа II-V (мВ ²)	Группа III-V (мВ ²)	Группа I-O (мВ ²)	Группа II-O (мВ ²)	Группа III-O (мВ ²)
1-й	51,94 (42,05–62,34)* [#]	62,73 (50,3–87,91)*	93,45 (68,45–140,21)	56,91 (42,36–72,27) ⁺	61,21 (51,62–88,2) ⁺	96,25 (65,78–136,97)
10-й	27,67 (23,46–34,06)* [#]	35,84 (31,71–48,67)*	50,89 (42,63–60,15)	32,41 (28,34–40,65) ⁺	35,37 (27,84–48,67) ⁺	40,35 (32,21–60,14)

Примечание: * $p < 0,05$ по сравнению с индивидами из группы III-V в соответствующий день тренинга; [#] $p < 0,05$ по сравнению с индивидами из группы II-V в соответствующий день тренинга; ⁺ $p < 0,05$ по сравнению с индивидами из группы III-O в соответствующий день тренинга; медиана и интерквартильный интервал 25 и 75%.

При сравнении показателей ВСП у людей с различной результативностью тренировочной деятельности было выявлено, что на

протяжении всех сеансов работы с эндогенным нагрузером для всех групп характерно снижение общей мощности спектра ВСП (табл. 2).

Таблица 2

Динамика ВСП у испытуемых разных групп

День наблюдений	Группа	ΔTP (мс ²)	ΔHF (мс ²)	ΔLF (мс ²)
1-й	Группа I-V	-253 (-1221–890)	-38 (-241–104)*	-133 (-364–367)
	Группа II-V	-49 (-814–462)	-31 (-209–82)	64 (-249–385)
	Группа III-V	249 (-367–845)	-113 (-329–(-26))	15 (-162–499)
10-й	Группа I-V	-101 (-1637–2051)	-190 (-452–161)	-15 (-381–1238)*
	Группа II-V	-113 (-1054–1909)	1 (-544–362)	-70 (-558–926)*
	Группа III-V	-1005 (-1925–(-271))	-110 (-412–313)	-505 (-1252–44)
1-й	Группа I-O	159 (-275–854)	-18 (-131–112) [#]	341 (-86–688) [#]
	Группа II-O	-49 (-784–612)	-25 (-209–65)	-9 (-251–288)
	Группа III-O	-265 (-1121–490)	-113 (-351–(-49))	-126 (-495–101)
10-й	Группа I-O	-476 (-1880–2051)	-38 (-306–384)	-442 (-1111–1278)
	Группа II-O	-395 (-1426–1806)	-132 (-542–213)	-15 (-202–825)
	Группа III-O	-340 (-953–1452)	-29 (-625–446)	-111 (-555–970)

Примечание: * $p < 0,05$ по сравнению с индивидами из группы III-V в соответствующий день тренинга; [#] $p < 0,05$ по сравнению с индивидами из группы III-O в соответствующий день тренинга; медиана и интерквартильный интервал 25 и 75%.

В ходе первого дня тренинга мощность HF-компонента спектра ВСП снижалась у испытуемых всех групп, в меньшей степени у высокорезультативных субъектов. Межгрупповая разница для групп I-V и III-V составила 75 мс² ($p = 0,04$), для групп I-O и III-O – 95 мс² ($p > 0,05$). К окончанию тренировок тенденция к снижению HF-компонента спектра ВСП при ЦД сохранилась, однако, межгрупповая разница ука-

занного параметра в этих группах становилась статистически незначимой.

В 1-й день наблюдений показатель LF-компонента спектра ВСП повышался в группе I-O, но снижался в группе III-O. Таким образом, межгрупповая разница изучаемого показателя составила 467 мс² ($p < 0,05$). К 10-му дню тренинга параметр LF ВСП снижался у субъектов всех групп. Данные изменения были наиболее выра-

жены у индивидов с низкой скоростью выполнения заданий, а также у людей с меньшим числом допущенных ошибок. Межгрупповая разница для групп I-B и III-B составила 490 мс^2 ($p=0,04$), для групп I-O и III-O – 331 мс^2 ($p>0,05$).

В результате проведенного корреляционного анализа установлено, что в исходном состоянии параметр времени положительно коррелирует с площадью волны кривой ЭМГ ($r=0,48$, $p<0,001$). К окончанию наблюдений эта взаимосвязь усиливалась ($r=0,56$, $p<0,0001$). Кроме того, на указанной стадии наблюдений выявлена обратная зависимость показателя времени с параметром ΔLF ($r=-0,24$, $p<0,05$). Существенно, что в начале исследований число допущенных ошибок коррелировало положительно с площадью волны кривой ЭМГ ($r=0,36$, $p=0,01$), но отрицательно с показателями ΔTP ($r=-0,22$, $p<0,05$) и ΔLF ($r=-0,25$, $p<0,03$). Однако к окончанию наблюдений знак корреляций между количеством ошибок и параметром ΔLF изменялся на положительный ($r=0,21$, $p<0,05$).

Представленные результаты иллюстрируют особенности физиологического обеспечения целенаправленного поведения на модели эндохирургического тренинга у людей с различной результативностью деятельности.

Установлено, что независимо от стадии наблюдений меньшая площадь волны кривой, рассчитанная при регистрации ЭМГ в процессе тренировок, характерна для высокорезультативных индивидов. В первую очередь, это относится к субъектам с высокой скоростью выполнения заданий. Схожие значения этого параметра у высокорезультативных субъектов из разных групп, возможно, являются следствием единой тактики достижения результата. Меньшие энергозатраты на совершение мышечной работы у более успешных испытуемых к концу наблюдений, по-видимому, связаны с формированием специфических двигательных стереотипов. Следует отметить, что люди с различным количеством допущенных ошибок при эндохирургиче-

ском тренинге характеризуются меньшим значением площади волны кривой миограммы, и, следовательно – меньшей мышечной активностью. Это может быть обусловлено меньшими физическими затратами на компенсацию допущенных неточностей при выполнении заданий.

Считается, что общая мощность спектра ВСП отражает «суммарный запас сил», которые может мобилизовать организм для преодоления стрессовой нагрузки [14,15]. Обнаруженное в нашем исследовании уменьшение общей мощности спектра ВСП у субъектов с различной результативностью в динамике ЦД свидетельствует об истощении функциональных резервов организма при чрезмерной активации регуляторных механизмов гипоталамо-гипофизарной системы [16].

Спектральная мощность в HF диапазоне является одним из надежных критериев оценки реализации парасимпатических влияний на сердечную деятельность [14]. Нами обнаружено, что в начале наблюдений при ЦД наиболее выраженное снижение мощности высокочастотного компонента спектра ВСП характерно для индивидов с низкой результативностью. Это иллюстрирует ослабление парасимпатических влияний на функциональную активность сердца, что может быть следствием уменьшения адаптационных резервов в указанных условиях. Полученные результаты дополняют опубликованные ранее данные. В частности, в работе Т.Д. Джебраиловой, с соавт. показано, что в процессе когнитивной деятельности высокорезультативные испытуемые отличаются доминирующим влиянием парасимпатического отдела нервной системы на работу сердца [6].

Известно, что низкочастотные колебания ВСП ассоциированы с преимущественным влиянием симпатического отдела вегетативной нервной системы [14-16]. В наших наблюдениях установлено, что увеличение мощности LF-компонента спектра ВСП типично для индивидов, допускаявших меньшее количество ошибок в 1-й день тренинга. Наибольшая стабильность мощ-

ности низкочастотного компонента спектра ВСР в процессе ЦД наблюдалась у людей с меньшим временем выполнения заданий на 10-й день исследования. Низкорезультативные индивиды отличаются статистически значимым снижением LF-компонента спектра ВСР как в начале, так и к окончанию тренировочного процесса, что демонстрирует ослабление симпатических влияний на сердечную деятельность на всех изученных стадиях целенаправленного поведения. Описанные закономерности в целом согласуются с имеющимися данными о физиологической стоимости результата умственной деятельности человека [5].

Результаты нашего исследования существенно расширяют представления о формировании базовых мануальных навыков в хирургической практике [17]. Полученные данные вносят вклад в понимание системных механизмов регуляции физиологических функций человека в процессе реализации различных форм ЦД.

Заключение

Показано, что физиологическое обеспечение целенаправленного поведения на модели эндохирургического тренинга отличается у людей с разной результативностью деятельности. Высокорезультативные индивиды характеризуются меньшими энергозатратами на совершение двигательной работы в процессе целенаправленной деятельности. Независимо от результативности, целенаправленное поведение в условиях психоэмоционального стресса сопровождается истощением функциональных резервов организма. Низкорезультативные испытуемые демонстрируют более выраженное ослабление парасимпатических (в начале наблюдений) и симпатических (в конце исследования) влияний на функциональную активность сердца. Достижение лучшего результата в динамике целенаправленной деятельности на модели эндохирургического тренинга обеспечивается большей физиологической ценой.

Литература

1. Анохин П.К. Избранные труды: Кибернетика функциональных систем. М.: Медицина; 1998.
2. Судаков К.В., Умрюхин П.Е. Системные основы эмоционального стресса. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2010.
3. Лапкин М.М. Индивидуальные особенности животных и человека в системной организации целенаправленного поведения // VI Павловские научные чтения, посвященные 160-летию со дня рождения И.П. Павлова. Рязань; 2009. С. 21-39.
4. Медеяновский А.Н. Функциональные системы обеспечивающие гомеостаз // Функциональные системы организма. М.: Медицина; 1987. С. 77-103.
5. Зорин Р.А., Лапкин М.М., Трутнева Е.А., и др. Физиологическая стоимость как фактор результативности умственной деятельности человека // Доктор.Ру. 2012. № 10(78). С. 24-28.
6. Джебраилова Т.Д., Сулейманова Р.Г., Иванова Л.И., и др. Физиологическое обеспечение целенаправленной деятельности студентов во время компьютерного тестирования уровня знаний // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т. XX, №1. С. 38-42.
7. Лила Н.Л., Судаков С.К. Метод изучения ориентировочно-исследовательского поведения человека. Влияние эмоционального напряжения // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2018. Т. 165, №3. С. 394-396.
8. Фудин Н.А. Вагин Ю.Е. Анализ спортивной деятельности с позиции теории функциональных систем // Сеченовский вестник. 2016. №3 (25). С. 34-45.
9. Горшков М.Д., Совцов С.А., Матвеев Н.Л. БЭСТА, курс базового эндохирургического симуляционного тренинга и аттестации // Альманах института хирургии им. А.В. Вишневского. 2017. №S1. С. 600-601.
10. Симуляционное обучение базовым навыкам в эндохирургии // Симуляционный тренинг по малоинвазивной хирургии: лапароскопия, эндоскопия, гинекология, травматология-ортопедия и артроскопия. М.: РОСКОМЕД; 2017. С. 71-132.
11. Hogle N.J., Liu Y., Ogden R.T., et al. Evaluation of surgical fellows' laparoscopic performance using Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS) // Surgical Endoscopy. 2014. Vol. 28, №4. P. 1284-1290. doi:10.1007/s00464-013-3324-6
12. Sloan D.A., Donnelly M.B., Schwartz R.W., et al. The Objective Structured Clinical Examination. The New Gold Standard for Evaluating Postgraduate Clinical Performance // Annals of Surgery. 1995. Vol. 222, №6. P. 735-742.
13. Димиртиев Д.А., Саперова Е.В. Вариабельность сердечного ритма и артериальное давление при ментальном стрессе // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2015. Т. 101,

- №1. С. 98-107.
14. Котельников С.А., Ноздрачев А.Д., Одинак М.М., и др. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах // Физиология человека. 2002. Т. 8, №1. С. 130-143.
 15. Heart rate variability. Standards of Measurement. Physiological Interpretation and Clinical Use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // *Circulation*. 1996. Vol. 5, №93. P. 1043-1065.
 16. Бабунц И.В., Мириджанян Э.М., Машаех Ю.А. Азбука анализа вариабельности сердечного ритма. Ставрополь: Принтмастер; 2002.
 17. Луцевич О.Э., Рубанов В.А., Толстых М.П., и др. Факторы, влияющие на скорость формирования базовых мануальных навыков в лапароскопической хирургии // Московский хирургический журнал. 2017. Т. 3, №55. С. 47-53.
 8. Fudin NA, Vagin YuE. Sports activity in functional systems theory. *Sechenov Medical Journal*. 2016; 3(25):34-45. (In Russ).
 9. Gorshkov MD, Sovtsov SA., Matveyev NL. BESTA, kurs bazovogo endokhirurgicheskogo simulyatsionnogo treninga i attestatsii. *Al'manakh instituta khirurgii im. A.V. Vishnevskogo*. 2017;(S1):600-1. (In Russ).
 10. Simulyatsionnoye obucheniye bazovym navykam v endokhirurgii. *Simulyatsionnyy trening po maloinvazivnoy khirurgii: laparoskopiya, endoskopiya, ginekologiya, travmatologiya-ortopediya i artroskopiya*. Moscow: ROSOMED; 2017. P. 71-132. (In Russ).
 11. Hogle NJ, Liu Y, Ogden RT, et al. Evaluation of surgical fellows' laparoscopic performance using Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS). *Surgical Endoscopy*. 2014;28(4):1284-90. doi:10.1007/s00464-013-3324-6
 12. Sloan DA, Donnelly MB, Schwartz RW, et al. The Objective Structured Clinical Examination. The New Gold Standard for Evaluating Postgraduate Clinical Performance. *Annals of Surgery*. 1995; 222(6):735-42.
 13. Dimirtiev DA, Saperova EV. Heart rate variability and blood pressure during mental stress. *Russian journal of physiology (formerly I.M. Sechenov Physiological Journal)*. 2015;101(1):98-107. (In Russ).
 14. Kotel'nikov SA, Nozdrachev AD, Oдинак MM, et al. Variabel'nost' ritma serdtsa: predstavleniya o mekhanizmax. *Fiziologiya cheloveka*. 2002; 8(1): 130-43. (In Russ).
 15. Heart rate variability. Standards of Measurement. Physiological Interpretation and Clinical Use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 1996;5(93):1043-65.
 16. Babunts IV, Miridzhanyan EM, Mashayekh YuA. *Azbuka analiza variabel'nosti serdechnogo ritma*. Stavropol: Printmaster; 2002. (In Russ).
 17. Lutsevich OE, Rubanov VA, Tolstykh MP, et al. Faktory, vliyayushchiye na skorost' formirovaniya bazovykh manual'nykh navykov v laparoskopicheskoy khirurgii. *Moskovskiy khirurgicheskiy zhurnal*. 2017;3(55):47-53. (In Russ).

References

1. Anokhin PK. *Izbrannyye trudy: Kibernetika funktsional'nykh sistem*. Moscow: Meditsina; 1998. (In Russ).
2. Sudakov KV, Umryukhin PE. *Sistemnye osnovy emotsional'nogo stressa*. Moscow: GEOTAR-Media; 2010. (In Russ).
3. Lapkin MM. Individual'nye osobennosti zhivotnykh i cheloveka v sistemnoy organizatsii tselenapravlenno go povedeniya. *VI Pavlovskiy nauchnyye chteniya, posvyashchennyye 160-letiyu so dnya rozhdeniya I.P. Pavlova*. Ryazan; 2009. P. 21-39. (In Russ).
4. Medelyanovskiy AN. Funktsional'nye sistemy obespechivayushchiye gomeostaz. *Funktsional'nye sistemy organizma*. Moscow: Meditsina; 1987. P. 77-103. (In Russ).
5. Zorin RA, Lapkin MM, Trutneva EA, et al. Physiological Costs Can Predict Effectiveness of Cognitive Activity. *Doctor.Ru*. 2012;10(78):24-8. (In Russ).
6. Dzhebrailova TD, Sulejmanova RG, Ivanova LI, et al. Physiological Processes Underlying Purposeful Activity in the Students During Computer Testing. *Journal of New Medical Technologies*. 2013;XX(1): 38-42. (In Russ).
7. Lila NL, Sudakov SK. Method for Studies of Orientation and Exploratory Behavior in Humans. Effects of Emotional Stress. *Bulletin of Experimental Biolo-*

Дополнительная информация [Additional Info]

Источник финансирования. Работа выполнена за счет средств Федерального бюджета РФ в рамках выполнения Государственного задания ФГБНУ Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина Минобрнауки России. [Financing of study. The Federal budget of the Russian Federation within performance of the State task P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology.]

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, о которых необходимо сообщить, в связи с публикацией данной статьи. [Conflict of interests. The authors declare no actual and potential conflict of interests which should be stated in connection with publication of the article.]

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедры нормальной физиологии и медицинской физики и кафедры общей хирургии ФГБОУ ВО Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова Минздрава России за помощь в организации проведения исследования. [**Acknowledgments.** The authors express their gratitude to the staff of the Department of Normal Physiology and Medical Physics and the Department of General Surgery of A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry.]

Участие авторов. Клименко А.В. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста, Перцов С.С. – концепция и дизайн исследования, написание и редактирование текста, Яковенко И.Ю. – концепция и дизайн исследования, редактирование текста, Лёвкин Е.И. – обработка материала, статистическая обработка, Самратов Т.У. – обработка материала. [**Participation of authors.** A.V. Klimenko – concept and design of the study, acquisition and clinical processing of the material, statistical processing, writing the text, S.S. Pertsov – concept and design of the study, writing and editing the text, I. Yu. Yakovenko – concept and design of the study, editing the text, E.I. Levkin – clinical processing of the material, statistical processing, T.U. Samratov – clinical processing of the material.]

Информация об авторах [Authors Info]

*Клименко Алексей Владимирович – ассистент кафедры общей хирургии, ФГБОУ ВО Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, Россия. [**Aleksey V. Klimenko** – Assistant of the Department of Common Surgery, A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia.]
SPIN: 7207-5189, ORCID ID: 0000-0002-0488-7871. E-mail: solidcid@mail.ru

Перцов Сергей Сергеевич – д.м.н., член-корр. РАН, профессор, зам. директора по научной работе, зав. лабораторией системных механизмов эмоционального стресса, ФГБНУ Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина Минобрнауки России; зав. кафедрой нормальной физиологии и медицинской физики, ФГБОУ ВО Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, Россия. [**Sergey S. Pertsov** – MD, PhD, Professor, Corresponding Member of RAS, Deputy Director for Science, Head of the Laboratory of System Mechanisms for Emotional Stress, P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology; Head of the Department of Normal Physiology and Medical Physics, A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia.]
SPIN: 3876-0513, ORCID ID: 0000-0001-5530-4990, Researcher ID: A-6697-2017.

Яковенко Игорь Юрьевич – д.м.н., профессор, зав. кафедрой общей хирургии, ФГБОУ ВО Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, Россия. [**Igor Yu. Yakovenko** – MD, PhD, Professor, Head of the Department of Common Surgery, A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia.]
SPIN: 3111-8971, ORCID ID: 0000-0003-2082-7171.

Лёвкин Евгений Иванович – к.м.н., доцент кафедры общей хирургии, ФГБОУ ВО Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, Россия. [**Eugene I. Levkin** – MD, PhD, Associate Professor of the Department of Common Surgery, A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia.]
SPIN: 3474-5034, ORCID ID: 0000-0003-0119-1673.

Самратов Тимур Уралович – к.м.н., ассистент кафедры общей хирургии, ФГБОУ ВО Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, Россия. [**Timur U. Samratov** – MD, PhD, Assistant of the Department of Common Surgery, A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia.]
SPIN: 5864-9418, ORCID ID: 0000-0001-6994-7188.

Губенко Марина Сергеевна – студент лечебного факультета, ФГБОУ ВО Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, Россия. [**Marina S. Gubenko** – Student of the Department of Medical Faculty, A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia.]
ORCID ID: 0000-0001-5439-9713.

Цитировать: Клименко А.В., Перцов С.С., Яковенко И.Ю., Лёвкин Е.И., Самратов Т.У., Губенко М.С. Физиологическая цена целенаправленной деятельности у людей с разной результативностью в динамике эндохирургического тренинга // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2019. Т. 27, №3. С. 333-341. doi:10.23888/PAVLOVJ2019273333-341

To cite this article: Klimenko AV, Pertsov SS, Yakovenko IYu, Levkin EI, Samratov TU, Gubenko MS. Physiological ‘cost’ of activity of individuals with different effectiveness in dynamics of endosurgical training. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2019;27(3):333-41. doi:10.23888/PAVLOVJ2019273333-341

Поступила/Received: 02.05.2019
Принята в печать/Accepted: 16.09.2019