

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-753-755>

УДК 613.65

© Коллектив авторов, 2020

Герегей А.М.¹, Шупорин Е.С.¹, Фатеев И.В.²**Применение метода эргоспирометрии для физиологической оценки эффективности средств индивидуальной защиты**¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», пр-т Будённого, 31, Москва, Россия, 105275;²ФГБУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины» Минобороны России, ул. Лесопарковая, 4, Санкт-Петербург, Россия, 195043

На сегодняшний день существуют средства индивидуальной защиты, которые за счет своих массогабаритных характеристик и конструктивных особенностей могут отягчать профессиональную деятельность. Это характеризуется увеличением нагрузки на ряд основных систем организма работника, в том числе кардиореспираторную систему, что может стать причиной развития профессиональной патологии. Исследование функций кардиореспираторной системы человека в процессе его трудовой деятельности представляется важной задачей при медико-биологических испытаниях как средств индивидуальной защиты, отягчающих профессиональную деятельность, так и перспективных средств индивидуальной защиты от тяжести трудового процесса — промышленных экзоскелетов.

Цель исследования — определить возможность применения эргоспирометрии для физиологической оценки средств индивидуальной защиты и промышленных экзоскелетов.

В медицинской практике и спорте высших достижений эргоспирометрия считается «золотым стандартом» для функциональной оценки кардиореспираторной системы. Работы, свидетельствующие о применении эргоспирометрии с целью физиологической оценки средств индивидуальной защиты, крайне немногочисленны.

Приведены результаты научно-исследовательских работ, в которых эргоспирометрию применяли в медицине, спорте, а также посвященных физиолого-гигиенической оценке боевой экипировки, различных видов средств индивидуальной защиты, в том числе новых перспективных средств индивидуальной защиты опорно-двигательного аппарата — промышленных экзоскелетов.

Применение эргоспирометрии позволило зарегистрировать основные показатели кардиореспираторной системы человека как в натуральных, так и лабораторных условиях и позволило сформировать объективное заключение о динамике степени напряжения кардиореспираторной системы человека при использовании им средств индивидуальной защиты и промышленных экзоскелетов с различными массогабаритными характеристиками.

Таким образом, применение эргоспирометрии как изолированно, так и в комплексе с другими методами, позволяет решать задачи, касающиеся медико-биологических испытаний средств индивидуальной защиты и промышленных экзоскелетов.

Ключевые слова: эргоспирометрия; кардиореспираторная система; средства индивидуальной защиты; промышленные экзоскелеты

Для цитирования: Герегей А.М., Шупорин Е.С., Фатеев И.В. Применение метода эргоспирометрии для физиологической оценки эффективности средств индивидуальной защиты. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(11): 753–755. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-753-755>

Для корреспонденции: Андрей Михайлович Герегей, зав. лаб. средств индивидуальной защиты и промышленных экзоскелетов ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», пр-т Будённого. E-mail: prpe-lab@iriioh.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 02.09.2020 / Дата принятия к печати: 19.10.2020 / Дата публикации: 03.12.2020

Andrey M. Geregey¹, Evgeny S. Shuporin¹, Ivan V. Fateev²**Application of the ergospirometry method for physiological evaluation of the effectiveness of personal protective equipment**¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonno Ave., Moscow, Russia, 105275;²State Scientific Test Research Institute of Military Medicine, 4, Lesoparkovaya str., St. Petersburg, Russia, 195043

Today, there are personal protective equipment, which due to their weight and size characteristics and design features can aggravate professional activity. This is characterized by an increase in the load on several major systems of the employee's body, including the cardiorespiratory system, which can cause the development of occupational pathology. The study of the functions of the cardiorespiratory system of humans in the process of his work is an important task in biomedical tests such as PPE, aggravating their professional activities and future means of individual protection from heavy labor and industrial exoskeletons.

The aim of the study is to determine the possibility of using ergospirometry for the physiological assessment of personal protective equipment and industrial exoskeletons.

Main part. In medical practice and high-performance sports, ergospirometry is considered the "gold standard" for functional assessment of the cardiorespiratory system. There are very few studies showing the use of ergospirometry for the purpose of physiological assessment of personal protective equipment.

Results of research works in which ergospirometry was used in medicine, sports, as well as on the physiological and hygienic assessment of combat equipment, various types of personal protective equipment, including new promising personal protective equipment of the musculoskeletal system-industrial exoskeletons.

The use of ergospirometry made it possible to register the main indicators of the human cardiorespiratory system both in field and laboratory conditions and allowed forming an objective conclusion about the dynamics of the degree of stress of

the human cardiorespiratory system when using personal protective equipment and industrial exoskeletons with various weight and size characteristics.

Thus, the use of ergospirometry both in isolation and in combination with other methods allows us to solve problems related to biomedical testing of personal protective equipment and industrial exoskeletons.

Keywords: *ergospirometry; cardiorespiratory system; personal protective equipment; industrial exoskeletons*

For citation: Geregey A.M., Shuporin E.S., Fateev I.V. Application of the ergospirometry method for physiological evaluation of the effectiveness of personal protective equipment. *Med. truda i prom ekol.* 2020; 60(11): 753–755. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-753-755>

For correspondence: *Andrey Mikhailovich Geregey*, Head of the Laboratory of Personal Protective Equipment and Industrial Exoskeletons, Izmerov Research Institute of Occupational Health. E-mail: ppe-lab@iriioh.ru

Information about authors: Geregey A.M. <https://orcid.org/0000-0002-7927-2505>

Shuporin E.S. <https://orcid.org/0000-0001-7590-431X>

Fateev I.V. <https://orcid.org/0000-0003-4014-3973>

Funding. The study has no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Received: 02.09.2020 / Accepted: 19.10.2020 / Published: 03.12.2020

На сегодняшний день существуют средства индивидуальной защиты (СИЗ), которые за счет своих массогабаритных характеристик и конструктивных особенностей могут отягчать профессиональную деятельность. Куртки, брюки, комбинезоны, комплексные СИЗ и пр., несмотря на свое защитное предназначение, могут увеличивать физиологическую стоимость работы, особенно в сочетании с вредными физическими факторами рабочей среды и тяжестью трудового процесса. Это характеризуется увеличением нагрузки на ряд основных систем организма работника, в том числе кардиореспираторную систему (КРС), что может стать причиной развития профессионального патологического. Перспективными СИЗ от тяжести трудового процесса являются промышленные экзоскелеты (ПЭ), которые по заявлению разработчиков способны снизить нагрузку на организм работника. Некоторые образцы ПЭ уже применяются на производстве, однако существенной проблемой, на наш взгляд, является отсутствие единого методологического подхода к оценке физиологической эффективности применения данной продукции, в том числе объективной и надежной методики оценки КРС.

Таким образом, на сегодняшний день исследование функций КРС человека в процессе его трудовой деятельности представляется важной задачей при медико-биологических испытаниях как СИЗ, отягчающих профессиональную деятельность, так и перспективных СИЗ от тяжести трудового процесса — ПЭ.

В медицинской практике хорошо зарекомендовал себя метод эргоспирометрии (ЭСМ). С использованием данного метода возможно комплексно оценить динамику функционального состояния (ФС) организма человека, получив объективные количественные данные об основных показателях КРС. Принимая во внимание опыт применения метода ЭСМ в медицине, целесообразно рассмотреть возможность его использования в области физиологии труда.

Цель исследования — определить возможность применения метода ЭСМ для физиологической оценки СИЗ и ПЭ.

В медицинской практике и спорте высших достижений эргоспирометрия (ЭСМ) считается «золотым стандартом» для функциональной оценки КРС [1]. Метод позволяет оценить состояние КРС независимо от воздействия окружающих факторов и может быть использован непосредственно во время физической активности. Регистрируют объемы вдыхаемого кислорода (VO_2) и выделяемого углекислого газа (VCO_2), максимальное потребление кислорода (VO_{2max}), метаболический эквивалент (MET),

легочную вентиляцию, время наступления анаэробного порога, частоту сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление (АД) и пр. В медицинской практике ЭСМ позволяет выработать лечебную тактику при различных заболеваниях.

Работы, свидетельствующие о применении ЭСМ с целью физиологической оценки СИЗ, крайне немногочисленны и касаются, в основном, исследований физиолого-гигиенических характеристик средств индивидуальной бронезащиты [2] и СИЗ от химических факторов [3] специалистов экстремальных профессий. Результаты эргоспирометрических исследований встречаются также в публикациях, касающихся медико-биологических испытаний ПЭ [4, 5].

В одной из работ на примере изучения физиолого-эргономических характеристик моделей СИЗ нами была доказана надежность и объективность метода ЭСМ, отягчающих выполнение трудовой деятельности специалистов экстремальных профессий. Исследования подтвердили, что в процессе трудовой деятельности, связанной с высокоинтенсивными динамическими нагрузками добровольцев, использование моделей СИЗ с наибольшей массой приводит к негативным изменениям ФС организма, что характеризуется уменьшением легочной вентиляции (ЛВ) (на 13,3%), увеличением частоты дыхательных движений (ЧДД) (на 5,2%) и энерготрат (на 33,3%) добровольцев.

В последующих исследованиях в условиях лабораторной модели деятельности работника физического труда с применением метода ЭСМ нами была исследована физиологическая эффективность двух прототипов ПЭ.

В одном из исследований изучали физиологическую эффективность прототипа ПЭ «*Echochair*», предназначенного для уменьшения негативного влияния статических нагрузок на опорно-двигательный аппарат работников физического труда, в частности, при поддержании рабочей позы «стоя». Результаты исследования показали снижение напряжения КРС, характеризующееся уменьшением ЧСС (на 10,5%), дыхательного коэффициента (ДК) (на 2,7–5,1%) и энерготрат добровольцев (на 6,9%) при моделировании производственных операций с применением прототипа ПЭ.

В другом аналогичном исследовании была изучена физиологическая эффективность прототипа ПЭ «*ExoAtlant*», предназначенного для уменьшения негативного влияния статодинамических нагрузок, связанных с подъемом груза и наклонами корпуса, на ОДА работников, в том числе при поддержании рабочей позы «в наклоне». Как и в предыдущем исследовании при моделировании производственных

операций с применением прототипа ПЭ наблюдали снижение напряжения КРС: уменьшение ЧСС (на 9–13%), снижение VO_2 (на 10–20%), *MET* на (9–16%) и энергозатрат (на 22–35%) добровольцев.

Применение метода ЭСМ позволило зарегистрировать основные показатели КРС, в том числе ЛВ, ЧДД, ЧСС, ДК, VO_2 , *MET* и энергозатраты человека как в натуральных условиях, так и в лабораторных условиях при модели-

ровании трудовой деятельности и позволило сформировать объективное заключение о степени напряжения КРС человека при использовании им СИЗ и ПЭ с различными массогабаритными характеристиками. Таким образом, применение ЭСМ как изолированно, так и в комплексе с другими методами, позволяет решать задачи, касающиеся медико-биологических испытаний СИЗ и ПЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2003; 167: 211–77.
2. L.Y. Wang, F.J. Cerny. Ventilatory response to exercise in simulated obesity by chest loading. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004; 36(5): 780–6.
3. I. Ciesielska, M. Mokwiński, M. Orłowska-Majdak. Influence of different kind of clothing material on selected cardiovascular, respiratory and psychomotor parameters during moderate physical exercise. *International Journal of Occupational Medicine & Environmental Health*. 2009; 22(3): 215–26.
4. Schmalz T., Schändlinger J., Schuler M., Bornmann J., Schirrmeister B., Kannenberg A. and Ernst M. Biomechanical and Metabolic Effectiveness of an Industrial Exoskeleton for Overhead Work. Germany. *International journal of environmental research and public health*. 2019; 11.
5. Maurice P., Camernik J., Gorjan D., Schirrmeister B., Bornmann J., Tagliapietra L., Latella C., Pucci D., Fritzsche L., Ivaldi S., Babić J. Objective and Subjective Effects of a Passive Exoskeleton on Overhead Work. England. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2020.