

РЕАКЦИЯ НЕЙТРОФИЛОВ НА ХРОНИЧЕСКУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

© 2018 г. Е. Н. Ермолаева¹, С. А. Кантюков¹, В. П. Яковлева²

¹ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Челябинск, Россия;

²ФГАОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры», Челябинск, Россия

Поступила: 12.05.2018. Принята: 14.06.2018

В условиях эксперимента на крысах показано, что хроническая физическая нагрузка умеренной и субмаксимальной мощности приводит к увеличению нейтрофилов с изменением их функциональной активности. При хронической физической нагрузке умеренной мощности происходит снижение хемотаксиса. Фагоцитарная функция изменяется неоднозначно — активность фагоцитоза растет, а интенсивность снижается. При хронической физической нагрузке субмаксимальной мощности показатели функциональной активности лейкоцитов остаются в пределах контрольных значений.

Ключевые слова: физическая нагрузка, хемотаксис, фагоцитоз

DOI: 10.31857/S102872210002396-0

Адрес: 454092 Челябинск, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ермолаева Елена Николаевна.

Тел.: +79517810486, 8(3512)2327467. **E-mail:** ermen33@mail.ru

Авторы:

Ермолаева Е. Н., к.м.н., доцент кафедры нормальной физиологии ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России, Челябинск, Россия;

Кантюков С. А., к.м.н., доцент кафедры биологической химии ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России, Челябинск, Россия;

Яковлева В. П., к.б.н., доцент кафедры теории и методики оздоровительных технологий и физической культуры Востока ФГБОУ ВО УралГУФК, Челябинск, Россия.

ВВЕДЕНИЕ

Иммунные изменения, вызванные физической нагрузкой, могут быть положительными и отрицательными относительно здоровья спортсмена [1]. Они могут быть иммунозащитными (усиление заживления ран и ответа на вакцинацию), иммунопатологическими (увеличение аллергических или аутоиммунных реакций) или иммунорегуляторными (противовоспалительное действие). Реакция лейкоцитарного звена крови на физическую нагрузку затрагивает как количественные, так и функциональные характеристики [2]. Костный мозг в ответ на физическую нагрузку повышает пролиферативный потенциал кровет-

ворных клеток и секрецию регуляторных гемопэтических цитокинов, обеспечивая повышение резистентности организма к действию факторов внешней среды. Система профессиональных фагоцитов за счет реализации их функций: адгезии, фагоцитоза, киллинга, синтеза регуляторных цитокинов контролирует компенсаторные реакции организма на альтерацию. В литературе имеются лишь единичные и разрозненные сообщения об изменениях количественных и качественных параметров лейкоцитов периферической крови во время тренировочного цикла спортсменов различной специализации и квалификации.

Цель работы — исследовать количественный состав и функциональную активность лейкоцитов при хронической физической нагрузке (ХФН) различной мощности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на 48 половозрелых белых беспородных крысах массой 180–200 гр. Все исследования выполнены в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных». Параметры крови определяли после физической нагрузки различной интенсивности. ХФН умеренной мощности — ежедневное плавание

в течение 30 минут без груза. ХФН субмаксимальной мощности – первые семь дней животные плавали без груза в течение 30 минут, следующие две недели с грузом 2% от массы тела. На 9, 15 и 21 день эксперимента при ХФН умеренной и максимальной мощности, животные подвергались дополнительно максимальной физической нагрузке: плавали в течение 4-х минут с грузом массой 20% от веса тела.

Количество лейкоцитов определяли меланжерным методом; лейкограмму подсчитывали в мазках крови. Выделение лейкоцитов из цельной крови осуществляли по методу А. Воум [3]. Для изучения локомоторной активности лейкоцитов использовали метод R. D. Nelson et al. (1975) в модификации Л. Я. Эберта и соавт. [3]. Фагоцитарную способность лейкоцитов (активность и интенсивность фагоцитоза) оценивали по методу И. С. Фрейдлин [3].

Результаты обрабатывались общепринятыми методами вариационной статистики: применяли критерий Манна-Уитни; определяли основную тенденцию изменений (тренд) и коэффициент аппроксимации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При ХФН умеренной и субмаксимальной мощности с 15 суток нагрузки возрастает общее количество лейкоцитов периферической крови. Закономерный рост при ХФН умеренной и субмаксимальной мощности подтверждается восходящей линией тренда с высокими коэффициентами аппроксимации (рис. 1).

При оценке лейкоцитарной формулы на фоне миогенного лейкоцитоза следует отметить следующее: ХФН умеренной мощности сопровождается относительным и абсолютным увеличением числа нейтрофилов, моноцитов и снижением

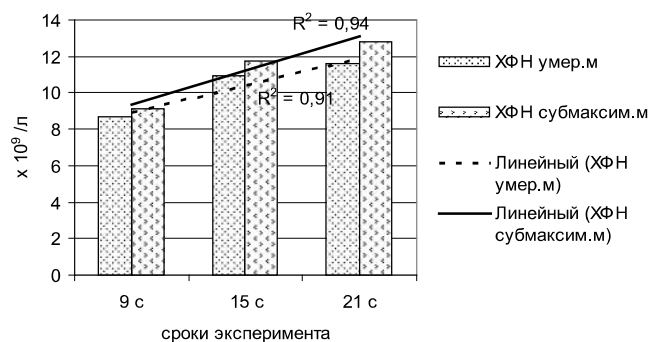


Рисунок 1. Динамика изменений количества лейкоцитов при ХФН.

эозинофилов, лимфоцитов на 9–21 сутки эксперимента; ХФН субмаксимальной мощности – абсолютным и относительным ростом нейтрофилов и моноцитов на 9–21 сутки, эозинофилов на 21 сутки, снижением лимфоцитов во все сроки наблюдения. Таким образом, реакция лейкоцитарного звена крови на физическую нагрузку является стереотипной: количество нейтрофилов увеличивается во время и после тренировки, а содержание лимфоцитов снижается относительно контроля после длительной физической работы. Функциональную активность лейкоцитов оценивали по индексу хемотаксиса, активности и интенсивности фагоцитоза, результаты представлены в таблице 1. При ХФН умеренной мощности во все сроки эксперимента (9–21 сутки) активность фагоцитоза возрастает, тогда, как его интенсивность снижается. При ХФН субмаксимальной мощности индекс хемотаксиса, активность фагоцитоза постепенно возрастают и приобретают достоверные значения на 15–21 и 21 сутки соответственно.

Активность лейкоцитов изменилась при всех видах физической нагрузки. Закономерный рост индекса хемотаксиса при хронической фи-

Таблица 1. Изменения функций нейтрофилов при ХФН

Контроль (n=8)		Индекс хемотаксиса у.е.	Активность фагоцитоза%	Интенсивность фагоцитоза у.е/кл
		1,08±0,04	22,58±1,36	2,98±0,21
ХФН умеренной мощности	9 с (n=8)	0,98±0,07	28,32±1,15*	2,47±0,44
	15 с (n=8)	1,12±0,06	32,18±1,06*	2,14±0,35
	21 с (n=8)	1,16±0,04	34,46±1,42*	1,98±0,21*
ХФН субмаксим. мощности	9 с (n=8)	1,17±0,05	24,76±2,05	2,78±0,27
	15 с (n=8)	1,25±0,03*	23,04±1,66	2,95±0,33
	21 с (n=8)	1,32±0,06*	25,83±1,14	3,22±0,25

Примечание: * – достоверность различий по критерию Манна-Уитни с интактными животными.

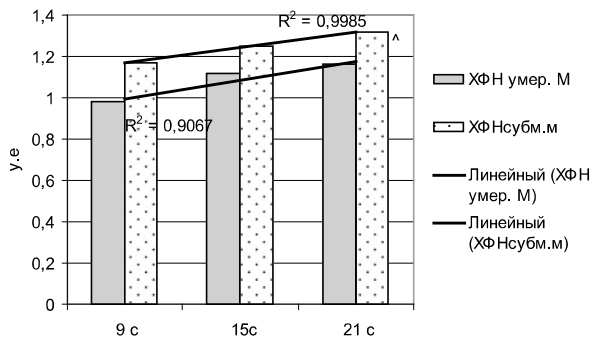


Рисунок 2. Динамика индекса хемотаксиса при ХФН различной интенсивности.

Примечание: ^ – между ХФН умеренной и субмаксимальной мощности.

зической нагрузке субмаксимальной мощности подтверждается восходящей линией тренда с высокими коэффициентами аппроксимации (рис. 2) и этот показатель достоверно выше на 21 сутки относительно ХФН умеренной нагрузки. Динамика фагоцитоза зависит от интенсивности физической нагрузки, а именно при ХФН субмаксимальной мощности во все сроки эксперимента активность фагоцитоза падает, а интенсивность растет относительно ХФН умеренной мощности (рис. 3).

Таким образом, из представленных рисунков (2, 3) по линиям тренда хорошо видно, что при хронических нагрузках независимо от их интенсивности в динамике возрастают: индекс хемотаксиса и интенсивность фагоцитоза. В целом, на правах тенденции (9–15 сутки) или достоверно (21 сутки) индекс хемотаксиса выше при ХФН субмаксимальной мощности. Данный факт можно расценивать как ответ на более интенсивное повреждение при субмаксимальной мощности. Более низкие величины интенсивности фагоцитоза при ХФН умеренной мощности

относительно контроля и нагрузки субмаксимальной мощности компенсируются возрастанием активности фагоцитоза лейкоцитов, что не противоречит данным литературы по изучению иммунного статуса у спортсменов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Лейкоцитоз у спортсменов является временным и его величина напрямую связана с интенсивностью усилий (более выраженный в ответ на максимальную нагрузку), и наоборот. Миогенный лейкоцитоз обусловлен, как освобождением нейтрофилов из органов депо, так и изменением маргинального пула циркулирующих лейкоцитов. В ряде исследований лейкоцитоз интерпретируется как указание на повреждение скелетных мышц при интенсивной физической нагрузке. Мышечная адаптация к физической нагрузке до настоящего времени объясняется классическим механизмом: повреждение – воспаление – регенерация [4]. Этот процесс включает: индуцированное физической нагрузкой повреждение мышц, появление хемоаттрактантов, цитокинов, молекул клеточной адгезии, вазодилатацию, лейкоцитарную адгезию, выход нейтрофилов, миграцию макрофагов, активацию сателлитных клеток [5].

Умеренные физические нагрузки повышают функции нейтрофилов: экспрессию адгезивных молекул, хемотаксис, фагоцитоз и респираторный взрыв. Экстремальные физические упражнения уменьшает эти функции, не затрагивая хемотаксиса и дегрануляции [6]. Нейтрофилы обуславливают иммунный ответ во время физических упражнений через синтез нейроэндокринных медиаторов, кортикостероидных рилизинг-факторов, интерлейкинов, свободных радикалов. Их производство резко возрастет во время физических упражнений.

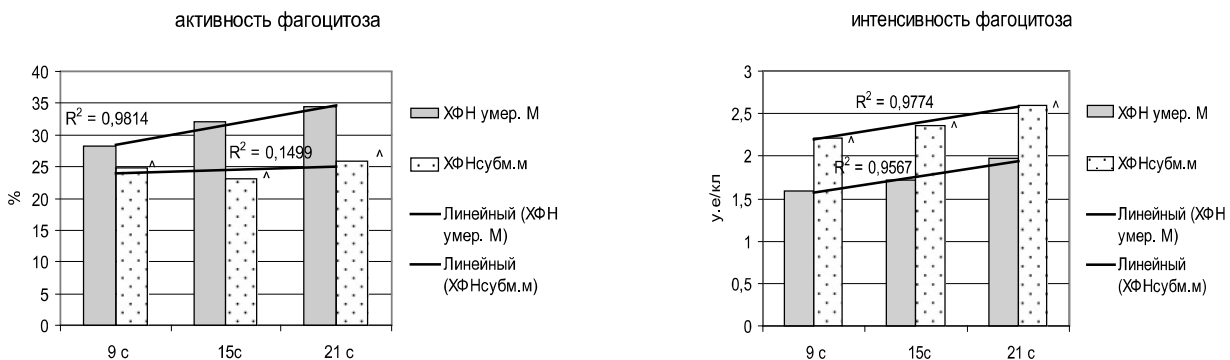


Рисунок 3. Динамика активности и интенсивности фагоцитоза при ХФН различной интенсивности.

Примечание ^ – между ХФН умеренной и субмаксимальной мощности

Физическая нагрузка в зависимости от интенсивности может регулировать функционирование иммунной системы: во время умеренной физической активности иммунный статус улучшается, но уменьшается при физической активности высокой интенсивности. Установлено, что квалификация спортсменов существенно влияет на параметры гуморального иммунитета, формируя так называемый профиль изменений [7]. Следствием нагрузки является временная иммуносупрессия, в результате у спортсменов во время интенсивных тренировок и после соревнований чаще развиваются респираторные инфекции. Это событие обозначено в виде теории «открытого окна» [8]. В последних исследованиях показано, что тренировки высокой интенсивности могут индуцировать более совершенную противовоспалительную реакцию, что снижает риск развития и тяжесть течения сердечно-сосудистых заболеваний [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Walsh N. P., Gleeson M., Shephard R. J., Woods J. A. et al. Position statement. Part 1: Immune function and exercise. *Exerc Immunol Rev*, 2011, 17, 6–63.
2. Ермолаева Е. Н., Кривохижина Л. В., Кантюков С. А. и др. Изменение лейкоцитарных индексов при хронической физической нагрузке. *Российский иммунологический журнал*, 2013, 7(16), 2–3(1), 36–38. [Ermolaeva E. N., Krivokhizhina L. V., Kantyukov S. A. et al. Change in leukocyte indices in chronic physical activity., *Russian Immunological Journal*, 2013, 7 (16), 2–3 (1), 36–38. Russian]
3. Волчегорский И. А., Долгушин И. И., Колесников О. Л., Цейликман В. Э. Экспериментальное моделирование и лабораторная оценка адаптивных реакций организма. Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000, 167. [Volchegorsky I. A., Dolgushin I. I., Kolesnikov O. L., Tseylikman V. E. Experimental modeling and laboratory evaluation of adaptive reactions of the organism. Chelyabinsk: Publishing house of CGPU, 2000, 167. Russian]
4. Smith C., Kruger M. J., Smith R. M., Myburgh K. H. The inflammatory response to skeletal muscle injury: illuminating complexities. *Sports Med*, 2008, 38(11), 947–969.
5. Tidball J. G. Mechanisms of muscle injury, repair, and regeneration. *Compr Physiol*, 2011, 1(4), 2029–2062.
6. Peake J. M. Exercise-induced alterations in neutrophil degranulation and respiratory burst activity: possible mechanisms of action. *Exerc Immunol Rev*, 2002, 8, 49–100.
7. Melnikov I. Y., Zhurilo O. V., Komarova I. A., Sashenkov S. L. Humoral factors of immunity depending on the skill levels of athletes. *Gazzetta Medica Italiana—Archivio per le Scienze Mediche*, 2018, 177 (Suppl. 1, N3), 56–61.
8. Malm C. Susceptibility to infections in elite athletes: the S-curve. *Scand J Med Sci Spor*, 2006, 16(1), 4–6.
9. Handzlik M. K., Shaw A. J., Dungey M., Bishop N. C., Gleeson M. The influence of exercise training status on antigen-stimulated IL-10 production in whole blood culture and numbers of circulating regulatory T cells. *Eur J Appl Physiol*, 2013, 113(7), 1839–1848.

THE REACTION OF NEUTROPHILS IN CHRONIC EXERCISE OF VARYING INTENSITY

© 2018 E. N. Ermolaeva¹, S. A. Kantyukov¹, V. P. Jakovleva²

¹FSBEI of Higher Education “South Ural State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation; Chelyabinsk, Russia

²FSBEI of Higher Education “Ural State University of Physical Culture“, Chelyabinsk, Russia

Received: 12.05.2018 Accepted: 14.06.2018

In the experiment on rats shows that chronic submaximal exercise and moderate power leads to an increase in neutrophils with change of their functional activity. Chronic physical load of moderate power there is a decrease in chemotaxis. Phagocytic function changes is ambiguous—phagocytosis activity increases and intensity decreases. Chronic submaximal exercise indices of functional activity of leukocytes remain within the control values.

Key words: physical activity, chemotaxis, phagocytosis

Authors:

Ermolaeva E. N., ☒ PhD, associate professor, Department of Normal Physiology, South Federal Medical University of the Ministry of Health of Russia; Chelyabinsk, Russia; 454092 Chelyabinsk, South Federal Medical University of the Ministry of Health of Russia. Phone: +79517810486, 8(3512)2327467. **E-mail:** ermen33@mail.ru

Kantyukov S. A., PhD, associate professor, Department of biological chemistry, South Federal Medical University of the Ministry of Health of Russia; Chelyabinsk, Russia;

Jakovleva V. P., PhD, associate professor, Department of Theory and Methods of Healthy Technologies and Physical Culture of the East, Ural State University of Physical Culture; Chelyabinsk, Russia.