

ВЛИЯНИЕ СУБМАКСИМАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА КЛЕТОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КРОВИ СПОРТСМЕНОВ

Литвинова Л.С., Пельменев В.К., Селедцова И.А.,
Муравьева Ю.А., Шуплецова В.В., Панин В.А.,
Гончаров А.Г., Селедцов В.И.

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград

Резюме. Реакции клеток крови на субмаксимальную физическую нагрузку были исследованы у спортсменов (9 мужчин от 18 до 22 лет), занимающихся единоборствами. Субпопуляционный анализ клеток проводили через 7, 35 и 60 мин после окончания физической нагрузки. Через 7 мин был выявлен абсолютный прирост в крови общего количества клеток, эритроцитов, нейтрофилов, моноцитов и Т-лимфоцитов. В это время был выявлен не только абсолютный, но и относительный прирост естественных киллерных клеток (CD16⁺ и CD56⁺), В-клеток (CD19⁺), а также стволовых клеток (CD34⁺ CD133⁺). Важно то, что к 35 минуте после окончания нагрузки клеточные параметры возвращались к исходным значениям. Мы предполагаем, что изменения клеточного состава крови в первые минуты после завершения физической нагрузки могут характеризовать физический потенциал спортсмена, а их оценка может быть использована для оптимизации его тренировочного процесса.

Ключевые слова: физическая нагрузка, клеточные параметры крови.

Litvinova L.S., Pelmenev V.K., Seledtsova I.A., Muravyeva Yu.A., Schupletsova V.V., Panin V.A., Goncharov A.G., Seledtsov V.I.

INFLUENCE OF SUB-MAXIMAL PHYSICAL LOAD ON BLOOD CELL PARAMETERS IN ATHLETES

Abstract. Blood cell reactions to a submaximal physical load were studied in nine male athletes aged from 18 to 22 years, involved in wrestling sports. Subpopulational profiling of blood cell was performed 7, 35, and 60 min after completing the physical exercises. An absolute increase in total nucleated cells, erythrocytes, neutrophils, monocytes, and T-lymphocytes was noted in blood counts at the 7-min time-point. Both absolute and relative increases were revealed for CD16⁺ and CD56⁺ natural killer cells, CD19⁺ B-cells, as well as for stem-like cell population (CD34⁺CD133⁺) at this period. It is worth of mention that all the tested blood parameters returned to basal ranges within 35 min after the physical exercise was completed. We suggest that the changes in blood cell parameters observed during first minutes after the physical load may characterize a physical potential of athletes. Thus, evaluation of these indices may be used for optimizing their training efforts. (*Med. Immunol.*, 2012, vol. 14, N 3, pp 213-218)

Keywords: physical load, blood cell parameters.

Адрес для переписки:

Литвинова Лариса Сергеевна,
Лаборатория иммунологии и клеточных биотехнологий
Инновационного парка БФУ им. И. Канта
236000, г. Калининград, ул. А. Невского, 14
(с пометкой: для Инновационного парка)
Тел.: (4012) 59-55-95, 59-66-31.
E-mail: larisalitvinova@yandex.ru

Введение

Ключевым вопросом эффективного управления учебно-тренировочным процессом в любом виде спорта является рациональное использование резервных возможностей организма спортсмена. Физическая нагрузка является идеальным и наиболее физиологичным видом провокации, позволяющим оценить полноценность компенсаторно-приспособительных механизмов

организма [9, 11, 15]. Величину нагрузки определяют два показателя — объем и интенсивность. В настоящее время наиболее существенной проблемой дозирования нагрузки в спорте является то, что объем тренировочной работы достиг максимальных величин и теперь стремительно растет ее интенсивность. Еще одной важной проблемой является вопрос дифференцирования физической нагрузки в соответствии с индивидуальными особенностями спортсменов. В настоящее время в распоряжении тренера имеются только косвенные методы определения состояния резервов организма и его прогнозирования. Объективное определение индивидуальной реактивности на физические нагрузки дает возможность оптимизировать процесс управления работоспособностью спортсменов в условиях интенсификации тренировочного процесса.

В литературе накапливаются данные, указывающие на то, что в адаптации организма к физической нагрузке важная роль принадлежит иммунологическим механизмам [5, 11, 13, 14, 11, 16, 17]. Физическая нагрузка вызывает в организме своеобразное воспаление, которое направлено на то, чтобы возместить клеточные потери и адаптировать организм к последующим физическим воздействиям. Тем не менее, молекулярные и клеточные механизмы этого воспаления остаются пока малоизученными.

Цель настоящей работы: охарактеризовать клеточные реакции организма, развивающиеся в ответ на дозированную физическую нагрузку.

Материалы и методы

В исследование были включены 9 спортсменов (мужчины, от 18 до 22 лет), занимающихся единоборствами. Клинически и анамнестически у всех обследованных лиц были исключены обострение хронических воспалительных процессов, наследственные и психические болезни, а также злоупотребление алкоголем и наркотическая зависимость.

Физическая нагрузка дозировалась посредством велоэргометрии [18]. Исследования проводились с использованием комплекса Астрокард® Полисистем ФС (Astrocard® Polysystem-FS), по ступенчатому, непрерывно-возрастающему протоколу с достижением субмаксимальной частоты сердечных сокращений (ЧСС) для данной возрастной категории. Определялись максимальное потребление кислорода (МПК), PWC 170, двойное произведение, должное МПК (ДМПК) — до нагрузки, во время и на 3 минуте восстановительного периода [19].

Одновременно проводилась пульсоксиметрия и записывалась капнограмма с определением уровня вентиляции [20].

Исследование иммуно-регенеративных параметров крови проводилось до физической нагрузки, а также через 7, 35 и 60 мин после нагрузки.

После взятия венозную гепаринизированную кровь (25 ЕД/мл) выдерживали при 37 °С в течение 40-60 мин для отделения лейкоцитов от эритроцитов. Лейкоциты наслаивали на градиент Ficoll-Paque («Pharmacia», Швеция) (1,077 г/см) в соотношении 1:1 и центрифугировали при 1500 об/мин 45 мин. Образовавшееся кольцо из мононуклеарных клеток (МНК) собирали автоматической пипеткой в центрифужную пробирку. Далее, клетки трижды отмывали средой RPMI-1640 (Sigma, USA), центрифугуруя их каждый раз в течение 10 мин при 1500 об/мин.

Гематологическое исследование периферической крови проводили с помощью гематологического анализатора Erma Inc. PCE-210 (Япония) с использованием реактивов фирмы «Clinical Diagnostic Solutions, CO LTD» (Россия). Подсчет клеточности и определение жизнеспособности клеток проводили с помощью автоматического счетчика клеток (Countess Automated Cell Counter, «Invitrogen», USA) с использованием 0,4% красителя трипанового синего (Trypan Blue stain 0,4% «Invitrogen», USA). Доля живых клеток, не содержащих краситель, составляла обычно не менее 95%.

Определение поверхностных маркеров CD3⁺, CD4⁺, CD8⁺, CD25⁺; CD19⁺, CD22⁺, CD16⁺, CD56⁺, CD34⁺, CD133⁺ осуществляли методом проточной лазерной двухцветной цитометрии с использованием моноклональных антител (МКАТ), меченных флуоресцентными метками (FITC и PE) («Abcam», Cambridge, UK и «Сорбент», Подольск), согласно стандартным протоколам. Регистрацию результатов проводили на проточном цитофлюориметре «Guava EasyCite Plus» (Guava Technologies (USA) «Millipore») с использованием программы «Guava ExpressPlus» (Guava Technologies (USA)).

Для определения уровней сывороточных цитокинов, не стабилизированную гепарином кровь выдерживали при 37 °С в течение 40-60 мин. После центрифугирования при 1500 об/мин в течение 10 минут сывороточные образцы отделяли от клеточной массы и хранили их в замороженном состоянии до выполнения анализа. Процедуру выполнения ИФА проводили согласно инструкциям компаний-производителей использованных тест-систем (Вектор-Бест, г. Новосибирск).

Статистическую обработку результатов проводили с использованием парного критерия Стьюдента или непараметрического критерия для зависимых выборок Вилкоксона. Различия

считались достоверными при уровне значимости $p < 0,05$ [1].

Результаты

Согласно данным, представленным в таблице 1, наиболее значимые изменения параметров крови были выявлены у спортсменов через 7 минут после дозированной физической нагрузки. Так, в это время было зарегистрировано повышение в крови общего количества лейкоцитов (ОКЛ). Следует отметить, что увеличение ОКЛ более чем в 1,5 раза наблюдалось у 6 спортсменов, тогда как у 3 человек оно было незначительным. При этом диапазон колебаний индивидуальных показателей ОКЛ у спортсменов в этой точке исследования оказался значительно шире, чем в контроле (от 4,40 до $9,30 \times 10^9/\text{л}$ при $3,60$ до $6,60 \times 10^9/\text{л}$ соответственно).

Во второй точке исследования (через 7 минут) наблюдалось повышение абсолютных значений сегментоядерных нейтрофилов, моноцитов и лимфоцитов. У 45% обследованных (4 человека) абсолютные значения сегментоядерных нейтрофилов, моноцитов и лимфоцитов в гемограмме периферической крови повышались в среднем в 1,8 раз, у 33% (3 человека) – в 1,4 раза, а у 22% (2 человека) – не изменялись.

Эти изменения, в динамике проведенного исследования, в целом свидетельствуют о повышенном выходе клеток крови из кроветворных органов и согласуются с имеющимися данными современной литературы [3, 6, 11, 16, 17]. Важно, однако, заметить, что эффекты физической нагрузки на клеточные параметры крови были кратковременными. Уже через 35 минут после нагрузки они возвращались к исходным значениям (табл. 1).

Данные, характеризующие влияние физической нагрузки на субпопуляционный состав лимфоцитов периферической крови, представлены в таблице 2. Интересная ситуация наблюдалась при оценке основных субпопуляций Т-лимфоцитов. Как следует из представленных данных, в ответ на субмаксимальную физическую нагрузку происходило повышение содержания в крови абсолютных значений CD3^+ Т-лимфоцитов, за счет равномерного прироста CD4^+ и CD8^+ Т-клеток. Однако, при анализе индивидуальных значений, как относительных, так и абсолютных, мы выявили, что у 4-х спортсменов наблюдался значимый прирост этих показателей (в среднем в 2,4 раза), у 3-х – снижение (в среднем в 1,7 раза), а у 22% они не претерпевали значимых изменений. Аналогичную картину мы зафиксировали при оценке CD25 -позитивных лимфоцитов. Следует отметить, что через 35 мин после физической нагрузки исследуемые показатели также возвращались к исходным значениям.

Более выраженное однонаправленное изменение имело место со стороны естественных киллерных клеток (CD16^+ и CD56^+). Так, после дозированной физической нагрузки (через 7 минут) мы наблюдали увеличение в крови как абсолютных, так и относительных усредненных значений CD16^+ и CD56^+ лимфоцитов. При этом у 6 спортсменов был выявлен прирост изучаемых параметров в среднем в 2,3 раза, тогда как у 3-х из них показатели не отличались от контрольных параметров. Аналогичная картина наблюдалась и в отношении В-клеток, экспрессирующих на своей мембране молекулу CD19 . Следует отметить, что исследуемые показатели (CD16^+ , CD56^+ и CD19^+) возвращались к исходным значениям через 60 мин после физической нагрузки.

ТАБЛИЦА 1. ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРОВИ У СПОРТСМЕНОВ, ПОЛУЧАВШИХ СУБМАКСИМАЛЬНУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

Параметр	До нагрузки	Через 7 мин	Через 35 мин	Через 60 мин
ОКЛ, $\times 10^9/\text{л}$	5,03±0,94	6,97±1,73*	5,87±1,82	5,78±2,36
Эритроциты, $\times 10^{12}/\text{л}$	4,89±0,34	5,02±0,29	4,82±0,31	4,79±0,34
Нейтрофилы, %	57,25±6,33	56,98±10,62	59,47±8,96	58,54±9,90
Нейтрофилы, $\times 10^9/\text{л}$	2,88±0,08	3,94±1,47*	3,57±1,69	3,53±2,26
Моноциты, %	5,92±0,71	6,94±0,98	7,82±1,08	8,04±1,74
Моноциты, $\times 10^9/\text{л}$	0,31±0,01	0,50±0,01*	0,44±0,01	0,46±0,02
Лимфоциты, %	36,82±5,21	36,07±8,08	32,07±0,56	33,41±9,22
Лимфоциты, $\times 10^9/\text{л}$	1,82±0,27	2,44±0,76*	1,83±0,05	1,76±0,51

Примечание. Здесь и в таблицах 2, 3, 4:

* – достоверность различий в сравнении со значениями, полученными до выполнения физической нагрузки ($p < 0,05$);

** – достоверность различий в сравнении со значениями, полученными через 7 минут после выполнения физической нагрузки ($p < 0,05$);

*** – достоверность различий в сравнении со значениями, полученными через 35 минут после выполнения физической нагрузки ($p < 0,05$).

ТАБЛИЦА 2. СУБПОПУЛЯЦИОННЫЙ СОСТАВ ЛИМФОЦИТОВ КРОВИ У СПОРТСМЕНОВ, ПОЛУЧАВШИХ СУБМАКСИМАЛЬНУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

Параметр	До нагрузки	Через 7 мин	Через 35 мин	Через 60 мин
Лимфоциты, %	36,82±5,21	36,07±8,08	32,07±0,56	33,41±9,22
Лимфоциты, × 10 ⁹ /л	1,82±0,27	2,44±0,76*	1,83±0,05**	1,76±0,51**
CD3 ⁺ , %	66,41±10,56	66,78±9,92	62,97±7,34	67,76±6,37
CD3 ⁺ , × 10 ⁹ /л	1,20±0,22	1,62±0,05*	1,16±0,03**	1,19±0,02**
CD4 ⁺ , %	39,83±10,29	37,17±7,78	37,71±3,57	39,57±7,28
CD4 ⁺ , × 10 ⁹ /л	0,71±0,05	0,87±0,02*	0,69±0,21**	0,74±0,02
CD8 ⁺ , %	24,13±7,21	27,37±9,01	23,52±6,37	23,69±4,39
CD8 ⁺ , × 10 ⁹ /л	0,44±0,09	0,67±0,08*	0,43±0,06**	0,41±0,01**
CD3 ⁺ CD4 ⁺ , %	38,29±9,91	35,10±7,94	34,56±4,41	39,37±5,87
CD3 ⁺ CD4 ⁺ , × 10 ⁹ /л	0,68±0,01	0,82±0,16*	0,64±0,04**	0,68±0,03**
CD3 ⁺ CD8 ⁺ , %	21,75±8,37	24,67±9,55	20,99±7,78	22,02±4,39
CD3 ⁺ CD8 ⁺ , × 10 ⁹ /л	0,39±0,01	0,61±0,16*	0,38±0,08**	0,38±0,02**
CD25 ⁺ , %	1,38±0,25	1,35±0,11	1,32±0,04	1,36±0,02
CD25 ⁺ , × 10 ⁹ /л	0,025±0,001	0,039±0,001*	0,018±0,01**	0,022±0,001**
CD16 ⁺ , %	13,61±1,37	20,33±3,28*	12,24±3,29**	11,26±2,19**
CD16 ⁺ , × 10 ⁹ /л	0,25±0,08	0,52±0,08*	0,23±0,001**	0,21±0,01**
CD56 ⁺ , %	7,21±1,37	12,20±2,10*	6,94±0,03**	6,63±0,98**
CD56 ⁺ , × 10 ⁹ /л	0,14±0,01	0,32±0,01*	0,14±0,001**	0,12±0,01**
CD16 ⁺ CD56 ⁺ , %	5,09±3,83	7,81±1,23*	3,94±0,03**	3,79±0,98**
CD16 ⁺ CD56 ⁺ , × 10 ⁹ /л	0,097±0,01	0,21±0,01*	0,083±0,01**	0,085±0,001**
CD19 ⁺ , %	9,95±0,89	12,49±2,19	12,26±2,19	10,57±2,19
CD19 ⁺ , × 10 ⁹ /л	0,18±0,02	0,32±0,05*	0,23±0,01**	0,19±0,01**

ТАБЛИЦА 3. СОДЕРЖАНИЕ В КРОВИ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК У СПОРТСМЕНОВ, ПОЛУЧАВШИХ СУБМАКСИМАЛЬНУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

Параметр	До нагрузки	Через 7 мин	Через 35 мин	Через 60 мин
CD133 ⁺ , %	0,621±0,03	0,983±0,04*	0,732±0,02*	0,811±0,001*
CD133 ⁺ , × 10 ⁹ /л	0,012±0,001	0,023±0,001*	0,013±0,001**	0,014±0,001**
CD34 ⁺ , %	0,42±0,05	0,772±0,003*	0,812±0,001*	0,817±0,001*
CD34 ⁺ , × 10 ⁹ /л	0,007±0,001	0,019±0,001*	0,017±0,001*	0,014±0,001*

На сегодняшний день доказано, что обязательными элементами адаптивной реакции организма, развивающейся в ответ на физическую нагрузку, являются выход в кровь полипотентных и унипотентных стволовых клеток (мобилизация стволовых клеток) и их миграция в подвергнутые физическому или иному воздействию ткани. Согласно полученным данным, через 7 мин после физической нагрузки в крови спортсменов имело место повышение не только абсолютного, но и относительного содержания кроветворных (CD34⁺) и мезенхимальных CD133⁺ стволовых клеток. Примечательно, что у спортсменов была выявлена значительная вариабельность индивидуальных значений CD34⁺ и CD133⁺ стволовых клеток в контрольной точке исследования

(от 0,18 до 0,66% и от 0,003 до 0,013 × 10⁹/л соответственно для CD34⁺ клеток и от 0,28 до 1,14% и 0,005 до 0,019 × 10⁹/л соответственно для CD133⁺ клеток). При этом прирост количества полипотентных прогениторных клеток в крови спортсменов в динамике исследования (через 7 минут) был весьма неоднородным. Так, у 2-х человек имело место повышение количества (абсолютного и относительного) CD34⁺ клеток в 4 раза, у 2-х — в среднем в 1,8 раз, а у 5 спортсменов прирост этих клеток составил не более 35%. Аналогичная картина прослеживалась и в отношении CD133⁺ клеток. Следует особо подчеркнуть, что данные параметры оставались увеличенными и через 60 минут после физической нагрузки.

ТАБЛИЦА 4. СОДЕРЖАНИЕ ЦИТОКИНОВ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ У СПОРТСМЕНОВ, ПОЛУЧАВШИХ СУБМАКСИМАЛЬНУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ, ПГ/МЛ

Параметр	До нагрузки	Через 7 мин	Через 35 мин	Через 60 мин
IL-4	0,53±0,34	0,66±0,45	0,65±0,45	0,58±0,36
IL-10	1,39±1,24	1,34±1,04	2,09±1,45	1,98±1,09
IFN γ	1,98±0,99	1,76±1,34	1,89±1,55	2,09±2,01

Диапазон индивидуальных значений сывороточных уровней цитокинов у спортсменов колебался в пределах референсных значений, не превышая 5 пг/мл. Сравнительный анализ показателей, отражающих изменение сывороточных уровней ключевых цитокинов, определяющих хелперную направленность иммунных процессов (IL-4, IL-10, IFN γ), не позволил выявить достоверных различий тестируемых параметров в зависимости от временных параметров исследования.

Обсуждение

В целом, согласно данным нашей работы, физическая нагрузка запускает врожденный механизм, стимулирующий выход в кровь клеточных элементов. Поскольку этот механизм действует в течение короткого времени, можно предполагать, что он не связан с синтезом белком *de novo*, и, скорее всего, запускается нейромедиаторами, локальное действие и выброс которых в кровь играет важную роль в оперативной (быстрой) адаптации организма к изменяющимся условиям внешней среды. С такой точкой зрения согласуются наши данные, указывающие на то, что физическая нагрузка не приводит к существенным изменениям концентраций цитокинов (IL-4, IL-10 и IFN γ), участвующих в регуляции воспалительных процессов (табл. 4) [2, 10]. Отсюда можно предполагать, что физическая нагрузка не оказывает прямого действия на функциональную активность разных субпопуляций Т-лимфоцитов, в том числе тех, которые регулируют миграцию клеток крови и их проникновение в поврежденные ткани организма. Так, согласно полученным данным, повышение содержания в крови (у 6 добровольцев) Т-лимфоцитов, в ответ на физическую нагрузку, примерно в одинаковой степени затрагивало все исследованные субпопуляции Т-лимфоцитов (CD4⁺, CD8⁺ и CD25⁺) и не нарушало их исходных количественных соотношений.

В свою очередь, физическая нагрузка (у 6 добровольцев) индуцировала не только абсолютный, но и относительный прирост содержания в крови CD56⁺ и CD16⁺ естественных киллерных клеток (NK, natural killer), а также CD19⁺В-клеток. Возможно, что через усиление миграции

NK-клеток, являющихся переходными элементами между врожденным и адаптивным иммунитетом, субмаксимальная физическая нагрузка потенцирует «инспектирующую» роль этих клеток в организме, обуславливая реализацию их цитотоксического потенциала. Усиленный же физической нагрузкой выход в кровотоки В-клеток может увеличивать вероятность их встречи с антигенными молекулами и, таким образом, ускорять развитие антиген-специфических антительных реакций [2, 4].

Согласно данным литературы, наиболее выраженное повышение количества в крови гемопоэтических стволовых клеток, а также эритроидных и эндотелиальных клеток-предшественников происходит в течение первых часов после окончания физических упражнений [6, 9, 12]. При этом степень их повышения прямо коррелирует с выраженностью физической нагрузки [14]. Гипоксия, по-видимому, является одним из ключевых факторов, стимулирующих миграцию эндотелиальных клеток-предшественников в кровь [10]. Выявленное в наших исследованиях статистически значимое повышение абсолютного и относительного содержания в крови кроветворных (CD34⁺) и мезенхимальных (CD133⁺) стволовых клеток было отмечено через 7 минут после окончания физической нагрузки у всех спортсменов, но разной степени выраженности. Относительно быстрый возврат уровня стволовых клеток к исходным значениям (в течение нескольких часов), на наш взгляд, предполагает значимость в регуляции миграции стволовых клеток общего нейрофизиологического адаптивного механизма, отвечающего за миграционную активность клеток крови.

Таким образом, на основании проведенного нами исследования иммунорегенераторных показателей у спортсменов, получавших субмаксимальную физическую нагрузку, можно условно выделить 2 типа реагирования иммунной системы: с высокой и низкой реактивностью клеточного звена. Мы предполагаем, что изменения клеточных параметров крови в первые минуты после физической нагрузки объективно характеризуют состояние иммунной системы спортсмена и его восстановительный потенциал. Выявленные изменения могут характеризовать тренированность и физический потенциал спортсмена, а их оценка

может быть использована для оптимизации тренировочного процесса. Безусловно, из-за малого количества выборки, наши результаты нуждаются в дополнительных исследованиях.

Исследование выполнено в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (ГК № П329; № П405; № П709), а также при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для поддержки для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук № МД-4999.2012.7.

Список литературы

1. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1980. – 296 с.
2. Чередеев А.Н. CD-маркеры в практике клиничко-диагностических лабораторий // Клин. лаб. диагностика. – 1999. – № 6. – С. 25-32.
3. Clarke A.W., Alyas F., Morris T., Robertson C.J., Bell J., Connell D.A. Skin-derived tenocyte-like cells for the treatment of patellar tendinopathy // Am. J. Sports Med. – 2011. – Vol. 39, N 3. – P. 614-23.
4. Graca L., Cobbold S.P., Waldmann H. Identification of regulatory T cells in tolerated allografts // J. Exp. Med. – 2002. – Vol. 195, N 12. – P. 1641-1646.
5. Gulotta L.V., Kovacevic D., Montgomery S., Ehteshami J.R., Packer J.D., Rodeo S.A. Stem cells genetically modified with the developmental gene MT1-MMP improve regeneration of the supraspinatus tendon-to-bone insertion site // Am. J. Sports Med. – 2010. – Vol. 38, N 7. – P. 1429-1437.
6. Hoetzer G.L., Van Guilder G.P., Irmiger H.M., Keith R.S., Stauffer B.L., DeSouza C.A.J. Aging, exercise, and endothelial progenitor cell clonogenic and migratory capacity in men // Appl. Physiol. – 2007. – Vol. 102, N 3. – P. 847-52.
7. Karim M., Bushell A.R., Wood K.J. Regulatory T-cells in transplantation // Current Opinion in immunology. – 2002. – Vol. 14, N 5. – P. 584-591.
8. Mathiasen A.B., Haack-Sørensen M., Kastrup J. Mesenchymal stromal cells for cardiovascular repair: current status and future challenges // Future Cardiol. – 2009. – Vol. 5, N 6. – P. 605-17.
9. Möbius-Winkler S., Hilberg T., Menzel K., Golla E., Burman A., Schuler G., Adams V. Time-dependent mobilization of circulating progenitor cells during strenuous exercise in healthy individuals // J. Appl. Physiol. – 2009. – Vol. 107, N 6. – P. 1943-50.
10. Morici G., Zangla D., Santoro A., Pelosi E., Petrucci E., Gioia M., Bonanno A., Profita M., Bellia V., Testa U., Bonsignore M.R. Supramaximal exercise mobilizes hematopoietic progenitors and reticulocytes in athletes // Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. – 2005. – Vol. 289, N 5. – P. 1496-503.
11. Schoenfeld B.J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training // J. Strength Cond. Res. – 2010. – Vol. 24, N 10. – P. 2857-2872.
12. Spiropoulos A., Theodosaki M., Stefanaki K. et al. Rapid clinical-scale propagation of mesenchymal stem cells using cultures initiated with immunoselected bone marrow CD105(+) cells // J. Cell Mol. Med. – 2011. – Vol. 15, N 9. – P. 1983-1988.
13. Van Craenenbroeck E.M., Conraads V.M., Van Bockstaele D.R., Haine S.E., Vermeulen K., Van Tendeloo V.F., Vrints C.J., Hoymans V.Y. Quantification of circulating endothelial progenitor cells: a methodological comparison of six flow cytometric approaches // J. Immunol. Methods. – 2008. – Vol. 332, N (1-2). – P. 31-40.
14. Van Craenenbroeck E.M., Vrints C.J., Haine S.E., Vermeulen K., Goovaerts I., Van Tendeloo V.F., Hoymans V.Y., Conraads V.M. A maximal exercise bout increases the number of circulating CD34+/KDR+ endothelial progenitor cells in healthy subjects. Relation with lipid profile // J. Appl. Physiol. – 2008. – Vol. 104, N 4. – P. 1006-13.
15. Walther M., Herold D., Sinderhauf A., Morrison R. Children sport shoes-a systematic review of current literature // Foot Ankle Surg. – 2008. – Vol. 14, N 4. – P. 180-9.
16. <http://www.fitness-online.by/2008/08/25/page,2,rabotosposobnost.html>
17. http://www.medicinform.net/cardio/cardio_pop6.htm
18. <http://bestlibraryonline.net/taxonomy/term/3>
19. <http://medbookaide.ru/books/fold1002/book1004/p74.php>
20. <http://www.vera-lab.ru/info/49.html>

поступила в редакцию 26.09.2011

отправлена на доработку 09.10.2011

принята к печати 13.10.2011