

УДК 572.087:616.15-055.1:796.015.6

Д. Н. Дроздов, А. В. Гулаков

ДИНАМИКА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У НЕТРЕНИРОВАННЫХ МУЖЧИН ПОД ДЕЙСТВИЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Во введении показано, что физическая нагрузка является устойчивым фактором, который обуславливает динамику гематологических показателей крови. Целью исследования является анализ динамики показателей периферической крови у нетренированных мужчин до и после физической нагрузки субмаксимальной мощности. Научная новизна работы заключена в оценке срочной динамики гематологических показателей до и после физической нагрузки субмаксимальной мощности в группе лиц, которые не относятся к категории спортсменов. В основной части статьи приведены результаты анализа динамики гематологических показателей мужчин под действием физической нагрузки. Показано, что среди форменных элементов и клеток крови наибольшей реактивностью на нагрузку отличаются эритроциты, диапазон значений которых после нагрузки увеличился выше физиологической нормы и составил $4,8-6,7 \times 10^{12}$. Действие физической нагрузки на дисперсию показателей кислородтранспортной системы оценивается для эритроцитов – 47 %, для гемоглобина – 63 %; наименее реактивным звеном является содержание тромбоцитов, дисперсия которых изменилась не более 10 %. Среди лейкоцитов имеет место нейтрофило- и лимфоцитоз, что свидетельствует о наличии лимфоцитарного лейкоцитоза. Действие фактора физической нагрузки на дисперсию количества лейкоцитов составило 30 %. В заключении обозначена характерная особенность динамики гематологических показателей, для которой имеет место абсолютный и относительный лейкоцитоз, носящий перераспределительный характер в пользу лимфоцитов. Область применения полученных результатов исследования – системная физиология адаптивных реакций организма.

Ключевые слова: физическая нагрузка, эритроциты, гемоглобин, нейтрофилы, лимфоциты, лимфоцитарный лейкоцитоз.

Введение. В современной научной литературе остается актуальным вопрос использования показателей периферической крови для функциональной оценки состояния организма в восстановительный период после выполнения физической нагрузки. Ряд авторов, в том числе Н. П. Александров (2010), А. И. Нехвядович (2019), показывают, что срочная адаптация показателей периферической крови, сопровождающая состояние организма в момент и после выполнения физической нагрузки, принимает устойчивый характер. Под действием физической нагрузки происходит изменение условий гемодинамики, увеличивается отдача кислорода в ткани, происходит перераспределение крови в пользу скелетной мускулатуры, наблюдаются явления миогенного эритро-, тромбо- и лейкоцитоза, позволяющие выделить индивидуальные особенности реакции человека на физическую нагрузку. В соответствии с типом реакции крови на физическую нагрузку и набором функциональных показателей состояния сердечно-сосудистой системы возможен выбор наиболее оптимальной исходной дозы физических упражнений, которые не повлекут за собой снижения резистентности организма [1].

Срочная адаптация под действием физической нагрузки может выражаться в физиологическом сдвиге показателей периферической крови. В основе сдвига лежит изменение направления метаболизма – увеличение скорости катаболизма, снижение анаболизма, повышающие энергетическую обеспеченность скелетной мускулатуры для выполнения физической нагрузки.

Дроздов Денис Николаевич, канд. биол. наук, доц., доц. каф. зоологии, физиологии и генетики ГГУ им. Франциска Скорины (Беларусь).

Адрес для корреспонденции: ул. Советская, 108, 246019, г. Гомель, Беларусь; e-mail: DROZDOW@gsu.by

Гулаков Андрей Владимирович, канд. биол. наук, доц., доц. каф. зоологии, физиологии и генетики ГГУ им. Франциска Скорины (Беларусь).

Адрес для корреспонденции: ул. Советская, 108, 246019, г. Гомель, Беларусь; e-mail: Gulakov@gsu.by

В ответ на нагрузку повышается тонус симпатических центров, растет частота дыхания, сердечных сокращений, суживаются кровеносные сосуды, увеличивается скорость кровотока. Вместе с тем происходит отток крови из депо (селезенка, красный мозг, печень), что приводит к ее перераспределению: часть плазмы переходит из сосудистого русла в межклеточную среду, обеспечивая относительный эритро- и лейкоцитоз периферической крови. Между системным и периферическим кровотоком формируется смещенный градиент, обусловленный кислородным запросом мышечной ткани. Вследствие компенсаторного эритроцитоза в системном кровотоке увеличивается кислородная емкость, уменьшается объем циркулирующей крови, растет периферическое сопротивление сосудов [2].

В результате перераспределения плазмы и накопления продуктов катаболизма повышается вязкость крови и увеличивается ригидность эритроцитов. Вместе с тем происходят изменения самих эритроцитов: меняется способность к обратимой деформации вследствие нарушения упругих свойств мембраны. В микроциркуляторном русле диаметр сосудов имеет размеры, близкие к размеру диаметра эритроцитов, градиент скорости движения слоев крови составляет $450\text{--}500\text{ с}^{-1}$, поэтому возможность прохождения через микрососуды в основном определяется способностью к деформации. В крупных сосудах агрегация эритроцитов, способность формировать «монетные столбики» обусловлена вязкостью крови. Физиологическая агрегация принимает вид линейных цепочек по 5–6 клеток, в случаях патологии агрегаты принимают сетчатую форму или форму глыб, в которых увеличивается прочность сцепления между эритроцитами [3].

В результате длительной работы скелетных мышц в режиме субмаксимальной нагрузки, происходит накопление лактата и снижение величины рН крови до 7,10–7,20. Согласно [4], норма лактата в плазме составляет 1–1,8 ммоль/л, в артериальной крови – 0,56–1,67 ммоль/л, критическое значение составляет 2,5 ммоль/л. Первые порции лактата, которые поступают в кровь, нейтрализуются буферными системами, затем по мере исчерпания емкости буферных систем возникает некомпенсированный ацидоз. Для дезактивации этого состояния система крови требует дополнительных концентраций лейкоцитов, в результате чего развивается так называемый миогенный лейкоцитоз. Число лейкоцитов при этом может возрастать в 3–5 раз, главным образом за счет нейтрофилов или лимфоцитов путем перераспределения клеток или в результате увеличения грануло- и лимфоцитопоза, сохраняющихся после интенсивной мышечной работы на протяжении нескольких часов [4; 5].

Цель работы – проанализировать динамику показателей периферической крови у молодых нетренированных мужчин до и после физической нагрузки субмаксимальной мощности.

Материал и методика исследований. Для проведения анализа использовались данные лабораторного анализа крови, полученные на выборке нетренированных молодых мужчин в возрасте 20–30 лет, объем выборки – 30 человек. В процессе постановки эксперимента исходили из того, что физическая нагрузка субмаксимальной мощности сопровождается такой интенсивностью, при которой гликолиз в мышечных волокнах достигает максимального значения. В артериальной крови накапливается значительное количество молочной кислоты, которое может достигать 2,5–4,0 ммоль/л. Максимальная концентрация молочной кислоты в крови имеет место не во время ее выполнения, а через 5–10 мин. после ее окончания. Это время необходимо для выхода метаболита из работающих мышц в кровь. Нагрузка субмаксимальной мощности в диапазоне 1000–2000 кгм/мин дает линейную зависимость выхода в скорости реакции гликолиза, выход на плато мощности ведет к накоплению кислородного долга и увеличению концентрации молочной кислоты в плазме и цельной крови.

Пределом, после которого потребление кислорода достигает максимального уровня (VO_{2Max}) для тренированных людей, несмотря на дальнейшее увеличение нагрузки, является момент времени, соответствующий 10–15-й минуте. Индивидуальные значения нетренированных молодых людей имеют более значительную вариацию. Определение индивидуальной величины нагрузки субмаксимальной мощности проводили с помощью формулы

$$NsMax = (220 - Age) \times 0,75, \quad (1)$$

где $NsMax$ – субмаксимальная частота пульса, которую нужно поддерживать при выполнении физической нагрузки, уд/мин; Age – возраст, лет.

Контроль частоты пульса производили с помощью пульсометра Xiaomi (предел относительной погрешности при измерении частоты пульса – в диапазоне 25–250 уд/мин $\pm 2\%$, ИМ-7.108117 до 19.12.2024, СТБ МЭК 60601-1-2-2006, СТБ ЕН 55011-2006, ГОСТ 30324.0-95) после достижения зоны субмаксимальной частоты, где находится порог аэробных и анаэробных процессов. У спортсменов, как правило, эта зона используется для развития максимума аэробных возможностей и занимает около 30 мин. Поскольку в эксперименте участвовали нетренированные люди, нахождение в зоне субмаксимальной мощности поддерживалось в течение 15 мин и более, до момента отказа участника от выполнения функциональной пробы. Индивидуальная динамика интенсивности физической нагрузки, при которой развивался метаболический ацидоз, выражалась графически с последующим определением точки излома, которую принимали за время наступления лактатного порога 4,0 ммоль/л (В. И. Дубровский, 2005, А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб, 2005, И. К. Шац, 1995) [6].

Методика сбора образцов периферической крови, процедура подготовки и проведения лабораторного анализа опубликованы в работах [7; 8].

Для проведения статистического анализа использовались данные гематологических показателей до и после проведения функциональной пробы, для каждого вариационного ряда выполнена процедура проверки условий применимости статистических методов, в том числе характера распределения (тест Колмогорова–Смирнова для уровня значимости 0,05), степени однородности, наличия выбросов. В ходе анализа установлена однородность вариационных рядов и их соответствие параметрам нормального распределения. Оценка значимости различий вариационных рядов осуществлялась на основе критериев Фишера и Стьюдента, влияние физической нагрузки на показатели крови оценивалось методом ANOVA-анализа для уровня статистической значимости 0,05. Статистическая обработка результатов выполнена с использованием пакета прикладных программ Statistica for Windows 6.0.

Результаты и их обсуждение. Под действием физической нагрузки в организме запускается механизм срочной адаптации, который ведет к значительному выбросу эритроцитов из депо крови – костного мозга, печени, селезенки; депонированию плазмы и повышению содержания норадреналина, адреналина и глюкокортикоидов. Результатом этих изменений является повышение вязкости крови, которое оказывает негативное влияние на ее гемодинамику. Последующее действие физической нагрузки, как правило, ведет к гемодилуции и эритродиерезу (С. Perier, 1999, R. W. Deitrick, 2002, M. Minetti, 2006) [9]. Отток плазмы происходит из депо крови и органов, которые не принимают прямого участия в работе мышц. Характер срочной адаптации имеет индивидуальные особенности, которые обусловлены целостной реактивностью организма, т.е. способностью в достаточно короткий период перевести систему крови в оптимальный режим.

Таблица 1 – Динамика гематологических показателей крови

Показатель	Норма	Физическая нагрузка	
		до	после
Гемоглобин, г/л	128–150	141,3 \pm 2,8	157,5 \pm 1,9
Эритроциты, $\times 10^{12}$	4,1–5,2	4,9 \pm 0,1	5,5 \pm 0,2
МНС, пг	26–32	29,0 \pm 1,0	28,7 \pm 0,8
Тромбоциты, $\times 10^9$	178–318	186,9 \pm 6,2	208,2 \pm 6,1
Лейкоциты, $\times 10^9$	4–10	6,7 \pm 0,4	7,4 \pm 0,4

В таблице 1 приведены значения гематологических показателей периферической крови в динамике. Из данных таблицы видно, что средние значения показателей крови до физической нагрузки находились в пределах физиологической нормы ($p > 0,05$). Размах вариации гемоглобина составил 123–150 г/л, (5 %); размах вариации эритроцитов – $4,5\text{--}5,4 \times 10^{12}$ (5 %); размах вариации тромбоцитов – $160\text{--}170 \times 10^{12}$ (9 %).

Среднее значение гемоглобина после физической нагрузки увеличилось относительно среднего значения в состоянии покоя на 11,5 %, что на 5 % выше предела физиологической нормы ($p < 0,05$); размах вариации гемоглобина составил 143–169 г/л (3 %). Содержание эритроцитов увеличилось на 12 %, что на 6 % выше предела нормы ($p < 0,05$); размах вариации эритроцитов после физической нагрузки составил $4,8\text{--}6,7 \times 10^{12}$ (8 %). Согласно мнению ряда авторов (Г. А. Макарова, С. А. Локтев, А. И. Нехвядович), среднее содержание гемоглобина в одном эритроците (далее – МНС) является значимым критерием оценки кислородной емкости крови [10]. Его снижение является показателем ухудшения обеспеченности мышц кислородом на фоне утомления. Данные МНС критерия не выходят за пределы нормы, наблюдается снижение этого показателя не более чем на 3 %; до физической нагрузки размах вариации составил 23,5–32,5 (10 %), после нагрузки – 23,8–32,8 (8 %). У трех человек (10 %) – значение выше верхнего предела нормы, у двух человек (7 %) – ниже нижнего предела нормы. Кислородная емкость крови повысилась до 215 об. %, гематокрит во время физической нагрузки увеличился менее чем на 10 %.

Среднее значение содержание тромбоцитов крови после физической нагрузки не превысило предела физиологической нормы ($p > 0,05$), но увеличилось относительно состояния покоя на 11,0 %; размах вариации составил $170\text{--}275 \times 10^9$ (8 %). Наибольшая вариация и отклонения от состояния покоя наблюдается среди лейкоцитов крови. Размах вариации лейкоцитов до нагрузки составил $4,6\text{--}8,7 \times 10^9$ (17%), после нагрузки $4,8\text{--}9,6 \times 10^9$ (15%). Значения коэффициентов вариации лейкоцитов почти в два раза превышает вариацию остальных показателей крови. Полученные результаты может свидетельствовать о том, что в ходе выполнения нагрузки достигнут такой режим физической активности, который соответствует первой фазе лимфоцитарного лейкоцитоза, сопровождающейся относительной нейтро- и эозинопенией, абсолютным и относительным лимфоцитозом. В таблице 2 приведены данные реакции грануло- и агранулоцитов на физическую нагрузку.

Таблица 2 – Динамика лейкоцитов до и после физической нагрузки

Лейкоциты	До физической нагрузки		После физической нагрузки	
	$\times 10^9$	%	$\times 10^9$	%
Нейтрофилы	3,9	60,0	5,2	55,0
Эозинофилы	0,2	3,2	0,1	1,5
Лимфоциты	1,7	26,4	2,8	31,4

Из таблицы 2 видно, что после физической нагрузки абсолютное количество нейтрофилов увеличилось на 33 %, а относительное уменьшилось на 5 %, т.е. наблюдается абсолютный нейтроцитоз и относительная нейтропения. Абсолютное количество эозинофилов уменьшилось на 50 %, относительное – на 1,7 %, т.е. наблюдается абсолютная и относительная эозинопения. Абсолютный показатель лимфоцитов увеличился на 65 %, относительный – на 20 % (абсолютный и относительный лимфоцитоз). Согласно методике Л. Х. Гаркави и соавторов [11], соотношения относительных значений нейтрофилов и лимфоцитов соответствуют типу неспецифической адаптационной реакции организма, обозначенной термином «реакции тренировки». Согласно работе [11], этому типу реакции свойственны процессы накопления энергетических субстратов, превышающие расходы на обеспечение мышечной активности энергией. Авторы показывают, что спортсмены, поддерживающие такой тип неспецифической реакции, отличаются достоверно более высоким содержанием глюкозы ($4,5 \pm 0,1$ ммоль/л), АСТ ($26,2 \pm 0,10$ Ед/л) и кортизола ($623,7 \pm 36,9$ нмоль/л) в периферической крови ($p < 0,05$).

Адаптационная способность организма зависит от исходных величин показателей крови у людей, которые быстрее адаптировались к нагрузке: как правило, отмечают сравнительно низкие исходные значения эритроцитов в периферической крови ($4,0\text{--}4,5 \times 10^{12}/\text{л}$). У людей, чей процесс адаптации к физической нагрузке протекает медленно и неустойчиво, исходные значения эритроцитов составляли $4,5\text{--}5,0 \times 10^{12}/\text{л}$ и более, во время нагрузки снижались на $1,0\text{--}1,5 \times 10^{12}/\text{л}$. В первом случае показатели вегетативных функций (частота пульса, уровень артериального давления, величины ударного и минутного объемов крови) варьировали в пределах $\pm 10\text{--}20\%$ от исходных значений, во втором случае – выходили за исходные границы. Из этого следует, что относительно стабильный исходный уровень показателей и несущественные их колебания в процессе адаптации свидетельствуют о более высокой функциональной стойкости [11]. В таблице 3 приведены результаты дисперсионного анализа, позволяющие оценить, в какой степени физическая нагрузка оказывает влияние на динамику гематологических показателей участников эксперимента.

Таблица 3 – Влияние физической нагрузки на показатели крови

Показатель	Дисперсия		<i>p</i>	η^2 , %
	межгрупповая	внутригрупповая		
Гемоглобин, г/л	4100	2384	< 0,05	63
Эритроциты, $\times 10^{12}$	6,26	7,16	< 0,05	47
МНС, пг	1,35	2,55	> 0,05	0,5
Лейкоциты, $\times 10^9$	6827	17120	< 0,05	30
Тромбоциты, $\times 10^9$	7,70	71,4	< 0,05	10

Из данных таблицы 3 видно, что наиболее чувствительными показателями являются содержание гемоглобина и количество эритроцитов периферической крови; статистически значимое действие физическая нагрузка оказывает на содержание лейкоцитов и тромбоцитов крови. На основании результатов наблюдений [10; 11] ряд авторов считают, что отклонение значений среднего содержания гемоглобина на эритроцит $26\text{--}32$ пг служит неспецифическим критерием ухудшения функционального состояния организма. В данном случае МНС-критерий является наименее чувствительным показателем; значения показателя указывают на то, что физическая нагрузка заданной мощности не оказывает статистически значимого действия на среднее содержание гемоглобина в эритроците. Можно предположить, что отсутствие отклонений этого показателя на фоне статистически значимых изменений других показателей крови может служить в качестве контроля пограничного состояния между лимфоцитарной и нейтрофильной фазами адаптационной реакции на физическую нагрузку.

Заключение. Анализ динамики гематологических показателей молодых нетренированных мужчин до и после физической нагрузки показал, что реакция форменных элементов и клеток крови отличается некоторыми особенностями: наибольшая реактивность свойственна эритроцитам, а наименьшая – тромбоцитам крови; лейкоциты отвечают нейтрофило-лимфоцитозом, эозинопенией. Снижение уровня энергообеспеченности мышц ведет к накоплению продуктов неполного окисления жиров, дегидротации и сдвигу электролитного баланса, развитию состояния кислородного долга. Таким образом, полученный результат, со стороны форменных элементов видимо, можно связать с нагрузкой на работу гемоглобинового буфера, который составляет более половины всей буферной емкости крови.

Реакция белых клеток крови, скорее всего, носит перераспределительный характер – в пользу лимфоцитов, направленный на нейтрализацию избытка противовоспалительных цитокинов. В ряде работ, в том числе В. А. Козлова и соавторов [12] показано $10\text{--}100$ -кратное увеличение в плазме уровня ингибиторов IL-10ra, sTNF- α R и цитокина IL-10. Кроме того, физическая нагрузка сопровождается неспецифической активацией симпатoadреналовой системы, что ведет к повышению в крови уровня катехоламинов и глюкокортикоидов. Дофамин и норадреналин стимулируют лимфопролиферацию иммунокомпетентных клеток и повышенную продукцию цитокина IL-10.

Таким образом, реакция крови на физическую нагрузку имеет широкий спектр компонентов, которые, с одной стороны, решают задачу стабилизации режима работы кислородтранспортной системы в условиях развивающегося кислородного долга, а с другой – задачу утилизации продуктов, способных вызвать токсические эффекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, Н. П. Изменения в системе красной крови человека (эритроциты) при адаптации к новым условиям / Н. П. Александров // Здоровье. – 2010. – № 1. – С. 16.
2. Нехвядович, А. И. Оценка эффективности тренировочного процесса спортсменов на основе вариабельности показателей крови : практ. пособие / А. И. Нехвядович, А. Н. Будко ; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск : БГУФК, 2019. – 40 с.
3. Фирсов, Н. Н. Реологические свойства крови и патология сердечно-сосудистой системы / Н. Н. Фирсов // Тромбоз, гемостаз и реология. – 2002. – № 2. – С. 26–32.
4. Нехвядович А. И. Гематологический контроль в спорте : метод. рекомендации. – Минск : РНПЦ спорта. – 2000. – 40 с.
5. Макарова, Г. А. Картина крови и функциональное состояние организма спортсменов / Г. А. Макарова, С. А. Локтев. – Краснодар : Ротапринт, 1990. – 125 с.
6. Солодков, А. С. Адаптивные морфофункциональные перестройки в организме спортсменов / А. С. Солодков, Ф. В. Судзиловский // Теория и практика физической культуры. – 1996. – № 7. – С. 23–26.
7. Дроздов, Д. Н. Влияние физической нагрузки на показатели периферической крови человека / Д. Н. Дроздов, А. В. Ковалев // Вестник Мозырьского государственного педагогического университета имени И. Шемякина, 2015. – № 2 (46). – С. 11–16.
8. Drozdov, D. N. Features of non-specific adaptation of blood cells to the dosed physical load in young men with different levels of physical training / D. N. Drozdov, A. V. Kravcov, E. O. Krasnykh // ISJ Theoretical & Applied Science, 2020. – No. 04 (84). – P. 376–383.
9. Карчинская, Т. В. Изменчивость эритроцитов как адаптация у лиц молодого возраста на фоне соединительнотканной дисплазии : дис. ... канд. мед. наук : 03.00.13 / Т. В. Карчинская. – Саратов, 2008. – 118 с.
10. Нехвядович, А. И. Динамика гематологических показателей как критерий функционального состояния и тренированности спортсменов / А. И. Нехвядович, А. Н. Будко // Прикладная спортивная наука. – 2018. – № 1 (7). – С. 105–111.
11. Гаркави, Л. Х. Антистрессорные реакции и активационная терапия / Л. Х. Гаркави, Е. Б. Квакина, Т. С. Кузьменко – М. : Книга по Требованию, 2015. – 559 с.
12. Козлов, В. А. Иммунная система и физические нагрузки / В. А. Козлов, О. Т. Кудаева // Медицинская Иммунология. – 2002. – Т. 4, № 3. – С. 427–438.

Поступила в редакцию 15.12.2022.

“Vesnik of Yanka Kupala State University of Grodno. Series 5. Economics. Sociology. Biology”
Vol. 13, No. 1, 2023, pp. 124–130
© Yanka Kupala State University of Grodno, 2023

Dynamics of hematological parameters in untrained men under the influence of physical activity

D. N. Drozdov¹, A. V. Gulakov²

¹ Francisk Skorina Gomel State University (Belarus)
Sovetskaya St., 108, 246019, Gomel, Belarus; e-mail: DROZDOW@gsu.by

² Francisk Skorina Gomel State University (Belarus)
Sovetskaya St., 108, 246019, Gomel, Belarus; e-mail: Gulakov@gsu.by

Abstract. The introduction shows that physical activity is a stable factor that determines the dynamics of hematological blood parameters. The aim of the study is to analyze the dynamics of peripheral blood parameters in untrained men before and after physical activity of submaximal power. The scientific novelty of the work lies in the assessment of the urgent dynamics of hematological parameters before and after physical activity of submaximal power in a group of people who do not belong to the category of athletes. In the main part of the work, the results of the analysis of the dynamics of hematological parameters of men under the influence of physical activity were carried out, it was shown that among the formed elements and blood cells, erythrocytes are the most reactive to the load; the range of values of which after exercise increased above the physiological norm and amounted to $4.8\text{--}6.7 \times 10^{12}$. The effect of physical activity on the dispersion of the oxygen transport system parameters is estimated for erythrocytes 47 %, for hemoglobin 63 %; the least reactive link is the content of platelets, the dispersion of which has changed by no more than 10 %. Among the leukocytes, there is neutrophil-, lymphocytosis, which indicates the presence of lymphocytic leukocytosis. The effect of the physical load factor on the dispersion of the number of leukocytes was 30 %. In conclusion, a characteristic feature of the dynamics of hematological parameters is indicated, for which absolute and relative leukocytosis takes place, which is redistributive in favor of lymphocytes. The field of application of the obtained results of the study is the systemic physiology of adaptive reactions of the body.

Keywords: physical activity, erythrocytes, hemoglobin, neutrophils, lymphocytes, lymphocytic leukocytosis.

References

1. Aleksandrov N. P. Changes in the human red blood system (erythron) during adaptation to new conditions [*Izmeneniia v sisteme krasnoi krovi cheloveka (eritron) pri adaptatsii k novym usloviyam*]. *Zdorov'e*, 2010, No. 1, p. 16.
2. Nekhviadovich A. I., Budko A. N. Evaluation of the effectiveness of the training process of athletes based on the variability of blood parameters [*Otsenka effektivnosti trenirovochnogo protsessa sportsmenov na osnovе variabel'nosti pokazatelei krovi: prakt. posobie*]. Minsk, 2019, 40 p.
3. Firsov N. N. Rheological properties of blood and pathology of the cardiovascular system [*Reologicheskie svoistva krovi i patologii serdechno-sosudistoi sistemy*]. *Tromboz, gemostaz i reologiya*, 2002, No. 2, pp. 26-32.
4. Makarova G. A., Loktev S. A. Blood picture and functional state of the body of athletes [*Kartina krovi i funktsional'noe sostoianie organizma sportsmenov*]. Krasnodar, 1990, 125 p.
5. Nekhviadovich A. I. Hematological control in sports [*Gematologicheskii kontrol' v sporte : metod. rekomendatsii*]. Minsk, 2000, 40 p.
6. Solodkov A. S., Sudzilovski F. V. Adaptive morphofunctional rearrangements in the body of athletes [*Adaptivnye morfofunktsional'nye perestroiki v organizme sportsmenov*]. *Teoriia i praktika fizicheskoi kul'tury*, 1996, No. 7. pp. 23-26.
7. Drozdov D. N., Kovalev, A. V. Influence of physical activity on the parameters of human peripheral blood [*Vliianie fizicheskoi nagruzki na pokazateli perifericheskoi krovi cheloveka*]. *Vestnik Mozyrskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni I. Shemyakina*, 2015, No. 2 (46), pp. 11-16.
8. Drozdov D. N., Kravcov A. V., Krasnykh E. O. Features of non-specific adaptation of blood cells to the dosed physical load in young men with different levels of physical training. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 2020, No. 04 (84), pp. 376-383.
9. Karchinskaya T. V. Erythrocyte variability as an adaptation in young people against the background of connective tissue dysplasia [*Izmenchivost' eritrotsitov kak adaptatsiia u lits mladogo vozrasta na fone soedinitel'notkannoi displazii : dis. ... kand. med. nauk*]. Saratov, 2008, 118 p.
10. Nekhviadovich A. I., Budko A. N. Dynamics of hematological parameters as a criterion for the functional state and fitness of athletes [*Dinamika gematologicheskikh pokazatelei kak kriterii funktsional'nogo sostoianiia i trenirovannosti sportsmenov*]. *Prikladnaia sportivnaia nauka*, 2018, No. 1 (7), pp. 105–111.
11. Harkavy L. Kh., Kvakina E. B., Kuz'menko T. S. Antistress reactions and activation therapy [*Antistressornye reakcii i aktivacionnaya terapiya*]. Moscow, 2015, 559 p.
12. Kozlov V. A., Kudaeva O. T. Immune system and physical loads [*Immunnaiia sistema i fizicheskie nagruzki*]. *Meditsinskaya Immunologiya*, 2002, vol. 4, No. 3, pp. 427-438.



Уважаемые авторы!

Более подробно требования к оформлению материалов, а также условия для принятия материалов см. на сайте журнала

<http://vesnik.grsu.by>