

## **ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ МИКРОРЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭРИТРОЦИТОВ НА РЕГУЛЯРНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ У ЛИЦ ПЕРВОГО ЗРЕЛОГО ВОЗРАСТА С РИСКОМ РАЗВИТИЯ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ И ОБМЕННЫХ НАРУШЕНИЙ**

**Савченко А.П., Белова Т.А., Кутафина Н.В.**

*Курский институт социального образования (филиал) РГСУ, Курск, Россия, e-mail: kutafina92@yandex.ru*

Цель работы – установить возможности влияния на микрореологические свойства эритроцитов регулярных тренировок в секции легкой атлетики у лиц первого зрелого возраста с высоким нормальным артериальным давлением и нарушением толерантности к глюкозе. В исследование включено 32 человека 22-летнего возраста с высоким нормальным артериальным давлением и нарушением толерантности к глюкозе. Группу контроля составили 37 здоровых людей первого зрелого возраста, ведущих здоровый образ жизни и регулярно посещающих секцию легкой атлетики. Оценивались перекисное окисление липидов и антиоксидантная защита плазмы и эритроцитов, липидный состав, цитоархитектоника и агрегация красных кровяных телец. С целью коррекции состояния всем лицам опытной группы назначались регулярные посещения секции легкой атлетики 3 раза в неделю по 1,5 часа. Оценка учитываемых показателей у лиц с высоким нормальным артериальным давлением и нарушением толерантности к глюкозе проводилась при включении их в группу наблюдения, через 0,5 года, 1 год и 1,5 года занятий в секции. Медикаментозная терапия ни в одном случае не проводилась. Статистическая обработка велась критерием Стьюдента. Через год регулярных тренировок в секции легкой атлетики у лиц опытной группы устранено нарушение толерантности к глюкозе, достигнута нормализация уровня артериального давления, перекисного окисления липидов плазмы и эритроцитов, цитоархитектоники и агрегационной активности красных кровяных телец. Продолжение регулярных легкоатлетических тренировок закрепляло достигнутый результат.

Ключевые слова: эритроциты, первый зрелый возраст, высокое нормальное артериальное давление, нарушение толерантности к глюкозе, физические нагрузки.

## **PHYSIOLOGICAL RESPONSES MICRORHEOLOGICAL PROPERTIES OF ERYTHROCYTES ON A REGULAR EXERCISE IN PERSONS GROUND ADULTHOOD WITH RISK OF HEMODYNAMIC AND METABOLIC DISORDERS**

**Savchenko A.P., Belova T.A., Kutafina N.V.**

*Kursk Institute of social education (branch of the institute RSSU (Russian State Social University)), Kursk, Russia, e-mail: kutafina92@yandex.ru*

Purpose - to establish possible effects on micro rheological properties of red blood cells regular training in the section of athletics at the first mature age people with high normal blood pressure and impaired glucose tolerance. The study included 32 people 22 years of age with high normal blood pressure and impaired glucose tolerance. The control group consisted of 37 healthy people of the first mature age, leading a healthy lifestyle and regularly attending the athletics section. Evaluated lipid peroxidation and antioxidant protection of red blood cells and plasma, lipid composition, Cytoarchitectonics and aggregation of red blood cells. For the purpose of correction of all individuals of the experimental group were appointed by regular visits to the athletics section 3 times a week for 1.5 hours. Assessment takes into account parameters in patients with high normal blood pressure and impaired glucose tolerance was carried out when included in the monitoring group, after 0.5 years, 1 year and 1.5 years of study in the section. Drug therapy in any case, was not carried out. Statistical analysis Student's t test was conducted. After a year of regular training in the section of athletics in individuals of the experimental group corrected glucose intolerance, reached normal levels of blood pressure, lipid peroxidation of plasma and red blood cells, cytoarchitectonics aggregation activity and red blood cells. Continued regular athletic training consolidated the achieved results.

Keywords: red blood cells, the first mature age, high normal blood pressure, impaired glucose tolerance, physical activity.

В ходе интенсификации ритма жизни и нарастающей вследствие этого эмоциональной нагрузки в индустриально развитых странах, в т.ч. в России, все шире распространяется

артериальная гипертензия (АГ), приносящая миру огромный экономический и социальный ущерб [10]. В основе ее развития и возникновения ее осложнений большую роль играют наступающие вследствие повышения артериального давления (АД) гемодинамические и реологические нарушения крови, приводящие к расстройствам кровоснабжения тканей [6]. Это, в свою очередь, негативно влияет на функционирование многих внутренних органов, систем и обменных процессов в них, способствуя формированию в т.ч. нарушению толерантности к глюкозе (НТГ). Ее развитие во многом связано с формированием микрореологических дисфункций наиболее многочисленной популяции форменных элементов крови – эритроцитов и с усилением их взаимодействия с тромбоцитами [1]. Это играет ведущую роль в развитии гипоксии в органах и существенного ухудшения в них процессов метаболизма [9].

При этом остается не до конца выяснено влияние начальных этапов формирования АГ в сочетании с НТГ на структурно-функциональные изменения эритроцитов, в значительной степени, определяющие микроциркуляторные характеристики крови в целом. Кроме того, несмотря на большую клиническую и социальную значимость микрореологических свойств эритроцитов в дебюте развития АГ с НТГ в наиболее трудоспособном возрасте, мало внимания уделяется их особенностям. В ранее проведенных исследованиях отслежена возрастная динамика отдельных свойств форменных элементов крови [2], оценено влияние на них физических нагрузок [5,7,8], в т.ч. при формирующейся артериальной гипертензии [10] и при их отсутствии [4,9] в зрелом возрасте. Вместе с тем, не выяснено состояние цитоархитектоники и агрегации эритроцитов у лиц первого зрелого возраста с высоким нормальным артериальным давлением (ВНАД) с НТГ в случае применения у них регулярных легкоатлетических тренировок. В этой связи в настоящей работе была поставлена цель – установить возможности влияния на микрореологические свойства эритроцитов регулярных легкоатлетических тренировок у лиц первого зрелого возраста с ВНАД и НТГ.

#### **Материалы и методы исследования**

В исследование включено 32 человека 22-летнего возраста с ВНАД и НТГ. Группу контроля составили 37 здоровых людей первого зрелого возраста, регулярно посещающих секцию легкой атлетики.

Перекисное окисление липидов (ПОЛ) в плазме определяли по содержанию в ней тиобарбитуровой кислоты (ТБК)-активных продуктов набором фирмы «Агат-Мед» и ацилгидроперекисей (АГП) традиционными методами. Антиоксидантная активность (ОАО) плазмы оценивалась общепринятым методом.

В отмытых и ресуспендированных эритроцитах количественно выяснены уровни холестерина энзиматическим колориметрическим методом набором «Витал Диагностикум» и

общих фосфолипидов по содержанию в них фосфора с последующим расчетом соотношения ХС/ОФЛ.

В отмытых и ресуспендированных эритроцитах также оценено состояние внутриэритроцитарного ПОЛ по концентрации малонового диальдегида (МДА) в реакции восстановления тиобарбитуровой кислоты и содержанию ацилгидроперекисей, а также активность каталазы и супероксиддисмутазы (СОД).

Величину в крови измененных и нормальных форм эритроцитов определяли при помощи световой фазово-контрастной микроскопии с расчетом индекса трансформации (ИТ), индекса обратимой трансформации (ИОТ), индекса необратимой трансформации (ИНОТ) и индекса обратимости (ИО) [3].

Агрегационная способность эритроцитов определялась при помощи светового микроскопа в ходе подсчета в камере Горяева количества агрегатов эритроцитов, числа агрегированных и неагрегировавших эритроцитов с вычислением среднего размера агрегата (СРА), показателя агрегации (ПА), процента неагрегированных эритроцитов (ПНА) [3].

С целью коррекции состояния всем лицам с ВНАД и НТГ назначалось регулярное посещение секции легкой атлетики 3 раза в неделю по 1,5 часа. Оценка учитываемых показателей у лиц опытной группы проводилась при включении их в группу наблюдения, через 0,5 года, 1 год, 1,5 года и 2 года занятий в секции. Медикаментозная терапия ни в одном случае не проводилась. Математическая обработка полученных результатов исследования проведена t-критерием Стьюдента.

### **Результаты исследования**

В результате занятий в секции легкой атлетики у наблюдаемых лиц (в исходе АД сист.  $136,4 \pm 0,39$  мм рт.ст., АД диаст.  $92,1 \pm 0,32$  мм рт.ст.) удалось через 6 мес. значительно снизить уровень АД (АД сист.  $133,0 \pm 0,19$  мм рт.ст., АД диаст.  $89,4 \pm 0,18$  мм рт.ст.), а через год полностью его нормализовать (АД сист.  $125,6 \pm 0,37$  мм рт.ст., АД диаст.  $82,1 \pm 0,24$  мм рт.ст.) при устранении НТГ через 1 год занятий.

Регулярное посещение лицами с ВНАД и НТГ секции легкой атлетики способствовало ослаблению исходно усиленных процессов ПОЛ в плазме. Через 0,5 года коррекции величины АГП и ТБК продуктов плазмы снизились с  $2,72 \pm 0,16$  Д<sub>233</sub>/мл и  $5,15 \pm 0,25$  мкмоль/л (в контроле  $1,75 \pm 0,19$  Д<sub>233</sub>/мл и  $3,88 \pm 0,15$  мкмоль/л, соответственно) до  $2,12 \pm 0,10$  Д<sub>233</sub>/мл и  $4,11 \pm 0,17$  мкмоль/л, соответственно. К 1 году коррекции содержание АГП достигло  $1,73 \pm 0,12$  Д<sub>233</sub>/мл, вторичных продуктов свободнорадикального окисления липидов – ТБК-активных соединений также снизилось, составив  $3,74 \pm 0,19$  мкмоль/л в результате усиления АОО плазмы с  $22,5 \pm 0,37\%$  в исходе до  $30,6 \pm 0,24\%$  к году наблюдения

(контроль  $30,7 \pm 0,49\%$ ). В течение последующего времени занятий в секции все учитываемые показатели сохранились во всех случаях на достигнутом уровне.

Уже через 0,5 года посещения секции легкой атлетики в мембранах эритроцитов отмечено снижение уровня ХС до  $0,98 \pm 0,019$  мкмоль/ $10^{12}$  эр. и повышение ОФЛ до  $0,73 \pm 0,015$  мкмоль/ $10^{12}$  эр. (в исходе  $1,17 \pm 0,018$  мкмоль/ $10^{12}$  эр. и  $0,68 \pm 0,009$  мкмоль/ $10^{12}$  эр., соответственно). Вследствие этого градиент ХС/ОФЛ мембран эритроцитов подвергся значимой положительной динамике, понизившись с  $1,72 \pm 0,012$  до  $1,34 \pm 0,009$ . Продолжение занятий по легкой атлетике вывело у пациентов дополнительную динамику содержания в эритроцитах ХС ( $0,92 \pm 0,014$  мкмоль/ $10^{12}$  эр.) и ОФЛ ( $0,77 \pm 0,010$  мкмоль/ $10^{12}$  эр.) с выходом на уровень контроля.

Изначально усиленное в эритроцитах наблюдаемых лиц с ВНАД и НТГ ПОЛ (АГП  $4,62 \pm 0,032$  Д<sub>233</sub>/ $10^{12}$  эр., МДА  $1,40 \pm 0,019$  нмоль/ $10^{12}$  эр.) достоверно ослабло уже через 6 мес. тренировок, а через 12 мес. легкоатлетических занятий содержание продуктов ПОЛ достигло значений контроля – АГП  $2,92 \pm 0,020$  Д<sub>233</sub>/ $10^{12}$  эр., МДА  $0,94 \pm 0,015$  нмоль/ $10^{12}$  эр., оставшись на данном уровне до конца наблюдения.

Соблюдение у лиц с ВНАД и НТГ регулярности легкоатлетических тренировок вызвало постепенное увеличение в крови содержания дискоцитов (табл.). Так, через 6 мес. занятий в секции их уровень составил  $80,2 \pm 0,24\%$ , а к 12 мес. достиг значений контроля ( $86,4 \pm 0,36\%$ ). Содержание обратимо и необратимо измененных форм красных кровяных телец в результате занятий легкой атлетикой снизилось до минимальных значений к году наблюдения:  $9,0 \pm 0,16\%$  и  $4,6 \pm 0,07\%$ , соответственно. Также у наблюдаемых лиц с ВНАД и НТГ, занимающихся легкой атлетикой, выявлено снижение ИТ, достигшего уровня контроля к году наблюдения ( $0,16 \pm 0,008$ ). Динамика содержания в крови пациентов обратимо измененных эритроцитов определила снижение ИОТ, составившего к 6 мес. наблюдения  $0,16 \pm 0,004$ , а к 12 мес. –  $0,10 \pm 0,005$ . Применение регулярных легкоатлетических тренировок обеспечило у наблюдаемых больных нормализацию ИНОТ к 12 мес. При этом, у лиц с ВНАД и НТГ достоверно снизился ИО, нормализуясь уже к полугоду наблюдения  $1,91 \pm 0,005\%$ . Дальнейшее посещение легкоатлетической секции закрепило достигнутую нормализацию цитоархитектоники эритроцитов у наблюдаемых лиц.

К 6 мес. легкоатлетических занятий у лиц с ВНАД и НТГ отмечено достоверное снижение суммы эритроцитов в агрегате и количества агрегатов при увеличении свободно лежащих эритроцитов, придя в норму только через год посещения секции легкой атлетики. Так, исходно сниженный СРА в течение 12 мес. коррекции возрос и достиг уровня контроля. ПА также подвергся достоверной позитивной динамике, составив к 12 мес. коррекции  $1,11 \pm 0,007$ . В результате занятий по легкой атлетике у пациентов отмечена тенденция к

росту ПНА, с достижением к 6 мес. уровня  $85,8 \pm 0,12\%$ , а к 12 мес. уровня  $87,2 \pm 0,16\%$  (табл.). Продолжение занятий по легкой атлетике сохранило агрегацию эритроцитов на нормальном уровне до конца наблюдения.

Цитоархитектоника и агрегация эритроцитов у лиц первого зрелого возраста с высоким нормальным артериальным давлением и нарушением толерантности к глюкозе на фоне регулярных тренировок в секции легкой атлетики ( $M \pm m$ )

Показатели	Основная группа (n=32)				Контроль (n=37)
	исход	6 мес.	1 год	1,5 года	
Дискоциты, %	$73,2 \pm 0,32^{**}$	$80,2 \pm 0,24^*$	$86,4 \pm 0,36$	$86,0 \pm 0,35$	$86,3 \pm 0,16$
Обратимо изм. эритроциты, %	$18,6 \pm 0,12^{**}$	$13,0 \pm 0,14^*$	$9,0 \pm 0,16$	$9,4 \pm 0,10$	$9,5 \pm 0,24$
Необратимо изм. эритроциты, %	$8,2 \pm 0,10^{**}$	$6,8 \pm 0,05^*$	$4,6 \pm 0,07$	$4,6 \pm 0,06$	$4,8 \pm 0,28$
Индекс трансформации	$0,37 \pm 0,005^{**}$	$0,25 \pm 0,006^*$	$0,16 \pm 0,008$	$0,16 \pm 0,009$	$0,16 \pm 0,019$
Индекс обратимой трансформации	$0,25 \pm 0,012^{**}$	$0,16 \pm 0,004^{**}$	$0,10 \pm 0,005$	$0,11 \pm 0,006$	$0,11 \pm 0,012$
Индекс необратимой трансформации	$0,11 \pm 0,014^{**}$	$0,08 \pm 0,007^*$	$0,05 \pm 0,006$	$0,05 \pm 0,005$	$0,05 \pm 0,010$
Индекс обратимости	$2,26 \pm 0,011^{**}$	$1,91 \pm 0,005^*$	$1,95 \pm 0,004$	$2,04 \pm 0,003$	$2,00 \pm 0,012$
Сумма всех эритроцитов в агрегате	$43,4 \pm 0,12^{**}$	$39,2 \pm 0,06^*$	$36,4 \pm 0,14$	$36,6 \pm 0,10$	$36,6 \pm 0,06$
Количество агрегатов	$11,0 \pm 0,07^{**}$	$9,3 \pm 0,04^*$	$8,0 \pm 0,05$	$8,1 \pm 0,09$	$8,1 \pm 0,12$
Количество свободных эритроцитов	$230,6 \pm 0,29^*$	$236,2 \pm 0,35^*$	$244,9 \pm 0,28$	$245,2 \pm 0,33$	$244,5 \pm 0,45$
Показатель агрегации	$1,13 \pm 0,012$	$1,12 \pm 0,006^*$	$1,11 \pm 0,007$	$1,11 \pm 0,005$	$1,11 \pm 0,016$
Процент неагрегированных эритроцитов	$84,3 \pm 0,04$	$85,8 \pm 0,12$	$87,2 \pm 0,16$	$87,1 \pm 0,12$	$86,9 \pm 0,18$
Средний размер агрегата, клеток	$3,9 \pm 0,12^{**}$	$4,2 \pm 0,15^*$	$4,5 \pm 0,12$	$4,5 \pm 0,09$	$4,4 \pm 0,14$

Условные обозначения достоверности различий показателей в основной группе и в контроле:  
\* –  $p < 0,01$ , \*\* –  $p < 0,05$

Таким образом, у лиц первого зрелого возраста с ВНАД и НТГ на фоне регулярного посещения секции легкой атлетики отмечается постепенная нормализация микрореологических свойств эритроцитов к 12 мес. наблюдения.

### Обсуждение

В наиболее трудоспособном возрасте – в первом зрелом возрасте могут возникать наиболее интенсивные нервно-психические перегрузки, способные привести к дисфункции нервных центров в головном мозге с развитием эпизодов подъема АД, являющегося

проявлением формирующегося ВНАД, а затем АГ. Это ведет в последние годы к резкому омоложению АГ, что значимо снижает трудоспособность населения. В патогенезе АГ и ее осложнений прослеживается роль НТГ, для формирования которого весьма важны реологические нарушения крови, во многом определяемые особенностями ее форменных элементов и наиболее многочисленных из них – эритроцитов. Так, на фоне АГ и ВНАД отмечается частое развитие отрицательной динамики функциональных показателей форменных элементов крови, в т.ч. эритроцитов [1, 3]. При этом все проявления ВНАД с НТГ вызывают у лиц первого зрелого возраста ослабление АОА и нарастание интенсивности ПОЛ жидкой части крови. Возникающее при этом избыточное количество продуктов перекисидации липидов плазмы способствует перестройкам мембран эритроцитов с понижением их антиоксидантной защиты и накоплением внутриклеточных продуктов ПОЛ. Вследствие этого микореологические свойства красных кровяных телец могут значимо ухудшаться [1]. При этом выражено повышается содержание обратимо и необратимо измененных форм эритроцитов на фоне снижения дискоцитов и нарастания их способности к агрегатообразованию. Следствием дисфункции микореологических свойств эритроцитов неизбежно является расстройство микроциркуляции во всех тканях и органах в результате ухудшения перемещения эритроцитов в сосудах наименьшего калибра.

Длительные занятия в секции легкой атлетики постепенно устраняют гемодинамические нарушения у лиц первого зрелого возраста с ВНАД и НТГ, что ведет к усилению у них АОА и понижению интенсивности ПОЛ жидкой части крови. Нормализация количества продуктов перекисидации липидов плазмы исключает перестройки мембран форменных элементов крови [10], в т.ч. эритроцитов с повышением их антиоксидантной защиты и снижением уровня внутриклеточных продуктов ПОЛ, вследствие чего микореологические свойства красных кровяных пластинок испытывают позитивную динамику.

Установлено, что регулярные легкоатлетические нагрузки приводят через 1 год к стойкому устранению НТГ. Кроме того, годовые регулярные занятия по легкой атлетике стабильно нормализуют уровень АД и во всех случаях цитоархитектонику эритроцитов со снижением до уровня контроля содержания в крови пациентов их измененных форм. Нормализация гемодинамики и метаболизма углеводов сопровождается также выходом агрегационной способности эритроцитов на уровень нормы, тем самым снижая риск микротромбообразования.

Таким образом, за 12 мес. регулярных легкоатлетических тренировок у лиц первого зрелого возраста с ВНАД и НТГ удается нормализовать процессы ПОЛ в эритроцитах, их

цитоархитектонику и агрегационную способность красных кровяных телец, сохраняя их на достигнутом уровне при продолжении посещения пациентами легкоатлетической секции.

#### **Выводы:**

1. У имеющих ВНАД и НТГ лиц первого зрелого возраста 12 месячные регулярные занятия в секции легкой атлетики устраняют НТГ, нормализуют уровень артериального давления, процессы ПОЛ и активность ферментов антиокисления в эритроцитах.
2. В результате 12 месячных легкоатлетических тренировок у лиц первого зрелого возраста с ВНАД и НТГ отмечается нормализация показателей цитоархитектоники эритроцитов и их агрегационных способностей.

#### **Список литературы**

1. Кутафина Н.В., Медведев И.Н. Вопросы эритроцитарно-тромбоцитарных взаимодействий. В сборнике: Наука и образование: инновации, интеграция и развитие. Материалы Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. Редколлегия: Искужин Т.С. (отв. редактор), Кабакович Г.А., Зайнуллина Г.Ш., Абакачева М.Б., Нигматуллин О.Б. (отв. секретарь). – 2014. – С. 72-75.
2. Кутафина Н.В., Медведев И.Н. Тромбоцитарная агрегация у клинически здоровых лиц второго зрелого возраста, проживающих в Курском регионе // Успехи геронтологии. – 2015. – Т.28, №2. – С. 321-325.
3. Медведев И.Н., Савченко А.П., Завалишина С.Ю. и др. Методические подходы к исследованию реологических свойств крови при различных состояниях // Российский кардиологический журнал.– 2009. – № 5. – С. 42- 45.
4. Медведев И.Н., Савченко А.П. Липидный состав тромбоцитов у молодых людей, не тренирующихся физически // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010.– № 5.– С. 53-54.
5. Медведев И.Н., Савченко А.П., Завалишина С.Ю. Активность тромбоцитов в кровотоке у кандидатов и мастеров спорта по легкой атлетике молодого возраста // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – № 5.– С. 54-55.
6. Медведев И.Н., Савченко А.П. Динамика тромбоцитарной активности у лиц молодого возраста с высоким нормальным артериальным давлением, регулярно тренирующихся физически // Кардиология в Беларуси. – 2011. – № 5.– С. 354-355.
7. Медведев И.Н., Савченко А.П. Реактивность сердечно-сосудистой системы у лиц молодого возраста с высоким нормальным артериальным давлением на фоне регулярных физических тренировок // Кардиология в Беларуси. –2011.– № 5.– С. 355-356.

8. Савченко А.П., Завалишина С.Ю., Кутафина Н.В. Интраваскулярная активность тромбоцитов у лиц юношеского возраста с высоким нормальным артериальным давлением, регулярно испытывающих физические тренировки // Современные проблемы науки и образования. –2014.– №6.– С.1392.
9. Савченко А.П., Завалишина С.Ю., Кутафина Н.В. Тромбоцитарная активность при отсутствии физической нагрузки // Современные проблемы науки и образования. –2015.– №3.– С. 577.
10. Medvedev I.N., Savchenko A.P. and Kiperman Ya. V. Dynamics of the Intravascular Activity of Platelets in Young Men with High Normal Blood Pressure Regularly Practicing Physical Activity. *Biology and Medicine (Aligarh)* 2015, 7:1 BM-069-15.

**Рецензенты:**

Громнацкий Н.И., д.м.н., профессор кафедры терапии №2 Курского государственного медицинского университета, г. Курск;

Жукова Л.А., д.м.н., профессор, зав. кафедрой эндокринологии и диабетологии Курского государственного медицинского университета, г. Курск.