

УДК 612.111.14

## ВЛИЯНИЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ НА ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КИСЛОРОДТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Шамратова А.Р., Хабибуллина И.З., Шамратова В.Г., Каюмова А.Ф.

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава РФ,  
Уфа, e-mail: arshamratova@gmail.com

Целью работы было изучение связи компонентов кислородтранспортной системы организма при разном психоэмоциональном состоянии студентов. В исследовании участвовали 52 студента в возрасте  $20,29 \pm 0,14$  года, поделенных на две группы по результатам теста Спилбергера–Ханина: группу эмоционального покоя и группу эмоционального напряжения. Основные показатели красной крови определялись с помощью гематологического анализатора «SYSMEX KX-21N» (Япония), оценка же дыхательной системы происходила на спирографе («Диамант-С», г. Санкт-Петербург). Оценивались следующие расчетные показатели: адаптационный потенциал (АП), коэффициент выносливости (КВ), коэффициент экономизации кровообращения (КЭК) и индекс напряжения миокарда (ИНМ), вегетативный индекс Кердо (ВИК), уровень физического состояния (УФС). Для статистического анализа использовали программу STATISTICA10. Достоверность различий переменных оценена по критерию U Манна–Уитни. Взаимосвязи учтенных показателей изучали с помощью факторного анализа. Достоверность результата оценивали при  $p < 0,05$ . Установлено, что при эмоциональном покое состояние внешнего дыхания и состояние красной крови описываются двумя независимыми факторами: внешнего дыхания и красной крови. При психоэмоциональном напряжении картина существенно видоизменяется: фактор F1 с высокой емкостью объединяет параметры всех рассмотренных звеньев КТС: красной крови (Ht, Hb, MCV, MCHC), внешнего дыхания (ЖЕЛ вд и Е вд) и кровообращения (КЭК и ИНМ). Из анализа структуры фактора можно заключить, что при эмоциональном стрессе активизация систем внешнего дыхания и красной крови сопровождается ростом напряжения в функционировании ССС. Об этом свидетельствует увеличение показателей КЭК и ИНМ. F2, в который вошли ВИК и АП, описывает связь симпатических влияний с уровнем адаптационного потенциала. Таким образом, на фоне стресса наблюдается напряжение в деятельности КТС, определяемое интенсификацией сердечно-сосудистой системы, увеличением дыхательных объемов и перераспределением показателей красной крови. При этом адаптационный потенциал организма оказывается сопряжен с деятельностью симпатoadренальной системы.

**Ключевые слова:** стресс, эритроциты, гемоглобин, сердечно-сосудистая система, внешнее дыхание, адаптационный потенциал

## INFLUENCE OF STUDENTS' PSYCHOEMOTIONAL STATE ON THE INTERRELATION OF OXYGEN TRANSPORT SYSTEM INDICATORS

Shamratova A.R., Khabibullina I.Z., Shamratova V.G., Kayumova A.F.

Bashkir State Medical University, Ufa, e-mail: arshamratova@gmail.com

The aim of the work was to study the connection between the components of the oxygen transport system of the body in different psychoemotional states of students. The study involved 52 students aged  $20,29 \pm 0,14$ , divided into two groups according to the results of the Spielberger-Hanin test: groups of emotional peace and emotional stress. The main indicators of red blood were determined using a SYSMEX KX-21N hematological analyzer (Japan), while the respiratory system was assessed using a spiograph (Diamant-S, St. Petersburg). The following calculated indicators were assessed: adaptive potential (AP), endurance coefficient (EC), circulatory economization coefficient (CEC) and myocardial tension index (MTI), Kerdo vegetative index (KI), level of physical condition (LPC). The STATISTICA10 program was used for statistical analysis. The significance of the differences in the variables was assessed using the Mann-Whitney U test. The interrelationships of the recorded indicators were studied using factor analysis. The reliability of the result was assessed at  $p < 0.05$ . It has been established that during emotional rest the state of external respiration and red blood is described by two independent factors: external respiration and red blood. With psychoemotional stress, the picture changes significantly: factor F1 with a high capacity unites the parameters of all the considered links of CTS: red blood (Ht, Hb, MCV, MCHC), external respiration (VC and E) and blood circulation (CEC and MTI). From the analysis of the structure of the factor, it can be concluded that during emotional stress, the activation of the external respiration and red blood systems is accompanied by an increase in stress in the functioning of the CVS. This is evidenced by the increase in the indicators of CEC and MTI. F2, which includes KI and AP, describes the relationship between sympathetic influences and the level of adaptive potential. Thus, against the background of stress, there is a tension in the activity of the oxygen transport system, determined by the intensification of the cardiovascular system, an increase in tidal volumes and redistribution of red blood parameters. In this case, the adaptive potential of the organism is associated with the activity of the sympathoadrenal system.

**Keywords:** stress, red blood cells, hemoglobin, cardiovascular system, external respiration, adaptive potential

Период сдачи студентами зачетов и экзаменов связан с высоким уровнем умственной активности и значительными эмоциональными реакциями в ожидании оценки их знаний, в связи с чем оценива-

ется как стрессовая ситуация [1]. Особо значимый эмоциональный стресс наблюдается в случае сочетания процесса обучения с другимиотягощающими факторами жизни, такими как обучение в неблагоприятном

климатогеографическом регионе, получение образования на иностранном языке [2], совмещение учебы с профессиональной деятельностью [3]. При этом на фоне экзаменационного стресса отмечены значительное изменение уровней некоторых гормонов и минералов [1], появление психосоматических расстройств, создающих предпосылки к возникновению заболеваний [4, 5].

В то же время умеренные физические нагрузки способны нивелировать отрицательные стрессовые влияния [6]. Так, при исследовании воздействия физических нагрузок на ССС и дыхательную систему студентов выяснилось, что физические упражнения улучшают состояние кардиореспираторной системы. Исключение же физических упражнений из учебного плана обучающихся на старших курсах приводит к ухудшению состояния этих систем [7].

Адаптация организма к психоэмоциональным нагрузкам в значительной мере обеспечивается мобилизацией кислородтранспортной системы (КТС). В связи с этим изменение характера взаимосвязей между параметрами разных систем кислородного обеспечения организма в процессе приспособления к условиям эмоционального напряжения позволяет более полно оценить функциональные резервы организма.

Цель исследования: изучить связи компонентов кислородтранспортной системы организма при разном психоэмоциональном состоянии студентов.

#### Материалы и методы исследования

В исследовании участвовали 52 студента в возрасте  $20,29 \pm 0,14$  года, признанных клинически здоровыми по результатам ежегодного диспансерного обследования. Испытуемые в состоянии эмоционального покоя (в межсессионный период) составили 1-ю группу, при эмоциональном напряжении в период сдачи зачетов – 2-ю группу. О наличии психоэмоционального напряже-

ния у студентов судили по уровням реактивной и личностной тревожности при анкетировании по тесту Спилбергер–Ханина.

Показатели красной крови определяли с помощью гематологического анализатора «SYSMEX KX-21N» (Япония) и получили следующие показатели: количество эритроцитов (RBC,  $\times 10^{12}/л$ , содержание гемоглобина (Hgb, г/л), гематокрит (HCT, %), средний объем эритроцита (MCV, фл), среднее содержание (MCH, пг) и среднюю концентрацию (MCHC, г/дл) гемоглобина в эритроците.

При оценке состояния дыхательной системы учитывали жизненные емкости легких на вдохе (ЖЕЛ вд, л) и выдохе (ЖЕЛ выд, л), емкость вдоха (Евд, л), минутный объем дыхания (МОД, л). Определение параметров производили на спирографе («Диамант-С», г. Санкт-Петербург).

Показателями адаптации ССС послужили следующие расчетные показатели: адаптационный потенциал (АП), коэффициент выносливости (КВ), коэффициент экономизации кровообращения (КЭК) и индекс напряжения миокарда (ИНМ).

Состояние вегетативной нервной системы оценивали на основе вегетативного индекса Кердо (ВИК), определяемого по формуле Г.Н. Новожилова с соавт. (1969).

Для статистического анализа использовали программу STATISTICA10. Достоверность различий переменных оценена по критерию U Манна–Уитни. Взаимосвязи учетных показателей изучали с помощью факторного анализа. Достоверность результата оценивали при  $p < 0,05$ .

#### Результаты исследования и их обсуждение

Как показали результаты оценки у студентов уровней реактивной и личностной тревожностей, уровень ситуационной (реактивной) тревожности, отражающий реакцию на стрессоры, в период сдачи зачета у студентов достоверно повышался (табл. 1).

Таблица 1

Значения состояния тревожности и показателей красной крови у студентов при различном эмоциональном состоянии, *Me* (25%; 75%)

Показатели	Эмоц. покой (37)	Эмоц. напряжение (14)
Реактивная тревожность	29,0 (28,0; 36,0) *	40,0 (34,0; 45,0) *
RBC	4,94 (4,6; 5,3)	4,83 (4,4; 5,3)
HGB	135 (127; 154)	140,0 (123; 157)
HCT	40,8 (39,6; 46,3)	41,2 (36,7; 46,1)
MCV	86,8 (85,9; 87,3)*	84,3 (80,8; 86,5)*
MCH	32,7 (32,0; 33,3)*	28,4 (27,3; 29,3)*
MCHC	287 (275; 295)*	339(335; 344)*

Примечание: \* – значимые различия у студентов 1-й и 2-й групп,  $p < 0,05$ .

Исследование различных компонентов КТС организма у студентов в разном эмоциональном состоянии выявило ряд особенностей (табл. 2). В среднем суммарные параметры красной крови (количество эритроцитов, гематокрит и содержание гемоглобина) у студентов данных групп не отличались. Вместе с тем сравнение показателей индивидуальных характеристик клеток показало наличие достоверных различий. Так, у студентов после сдачи зачета наблюдалось снижение содержания гемоглобина в отдельном эритроците (МСН) на фоне возрастания его средне-корпускулярной концентрации (МСНС). Степень насыщения клеток гемоглобином у студентов, испытывающих психоэмоциональное напряжение, зависела не только от общей концентрации гемоглобина в крови, но и от суммарного объема эритроцитов.

Сравнение показателей внешнего дыхания и ССС у студентов в разном психологическом состоянии (табл. 3) проде-

монстрировало достоверное увеличение при эмоциональном напряжении объемных характеристик внешнего дыхания, таких как ЖЕЛ вд и Е вд.

Как следует из приведенных в таблице 4 данных, изменение эмоционального статуса студентов значимо отражается на показателях гемодинамики и адаптационных резервов кровообращения. После сдачи зачета у студентов увеличиваются систолический объем и МОК. Кроме того, судя по величинам КЭК, АП, ИНМ, наблюдаются напряженные сердечной деятельности и ослабление адаптационных возможностей сердца. Так, наблюдаемое увеличение показателя КЭК выше нормы свидетельствует о снижении экономизации его работы, повышение АП и ИНМ – о напряжении механизмов адаптации компенсаторно-приспособительных реакций сердца. Также при эмоциональном стрессе отмечается достоверное увеличение тонуса симпатического отдела ВНС.

Таблица 2

Корреляционные связи между показателями красной крови у студентов в покое и при психоэмоциональном стрессе

Состояние	Эмоциональный покой (37)						Эмоциональное напряжение (14)					
	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC
RBC	–	0,75	0,79	–	–	–	–	0,88	0,89	–	–	0,75
HGB	0,75	–	0,96	–	0,74	0,52	0,88	–	1,00	–	0,57	0,86
HCT	0,79	0,96	–	–	0,58	–	0,89	1,00	–	–	0,55	0,84
MCV	–	–	–	–	–	0,87	–	–	–	–	0,95	0,57
MCH	–	0,74	0,58	–	–	0,74	–	0,57	0,55	0,95	–	0,72
MCHC	–	0,52	–	0,87	0,74	–	0,75	0,86	0,84	0,57	0,72	–

Таблица 3

Показатели деятельности ССС и внешнего дыхания у студентов в разном эмоциональном состоянии, Me (25%; 75%)

Показатели	Эмоц. покой (38)	Эмоц. напряжение (14)
СО, мл	59,9 (57,2; 66,5)*	64,3 (59,9; 73,1)*
МОК л/мин	4,9 (4,3; 5,3)*	5,5 (5,0; 6,3)*
КЭК, у.е.	3510,0 (2880; 3780)*	3215,0 (2573; 4140)*
АП, у.е.	1,3 (1,1; 1,4)*	2,6 (2,4; 2,9)*
КВ, у.е.	18,3 (17,2; 20,7)*	15,3 (11,9; 20,8)*
ОПСС, дин*см <sup>2</sup> *с	1485 (1271,5; 1646,0)*	1253,1 (1104,9; 1339,8)*
ИНМ, у.е.	87,5(81,1; 97,5)*	89,9 (78,0; 114,2)*
ЖЕЛ вд, л	3,8 (3,0; 5,1)*	4,3 (3,5; 5,9)*
ЖЕЛ выд, л	2,9 (2,5; 4,2)*	2,7 (1,9; 3,5)
Е вд, л	2,3 (1,5; 3,3) *	2,3 (1,9; 3,4)*
ДО, л	0,8 (0,6; 1,2)	0,7 (0,5; 1,0)
ЧД, в минуту	17,2 (15,4; 18,8)	16,1 (15,2; 18,3)
Т вд, сек	1,7 (1,4; 2,0)	1,8 (1,4; 2,1)
Т выд, сек	1,7 (1,6; 2,1)	1,8 (1,6; 2,5)
Твд/Твыд	0,9 (0,7; 1,2)	0,9 (0,8; 1,3)
МОД, л/мин	13,1 (10,3; 20,1)	10,2 (8,1; 17,5)
ВИК, у.е.	8,8 (–2,6; 14,6) *	13,4(6,0; 17,9)*

Примечание: \* – значимые различия у студентов 1-й и 2-й групп, p < 0,05.

Взаимосвязи показателей красной крови с параметрами функциональной активности сердечно-сосудистой системы и внешнего дыхания при разном психологическом состоянии студентов изучали с помощью факторного анализа (табл. 4, рисунок).

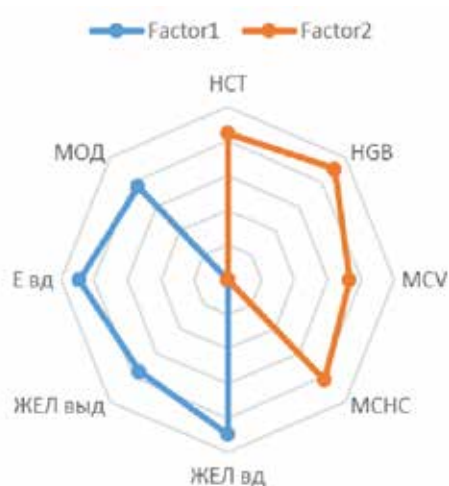
Установлено, что при эмоциональном покое состояние внешнего дыхания и состояние красной крови описываются двумя независимыми факторами. F1 с общей дисперсией 31% – фактор внешнего дыхания – включает ЖЕЛ вд, ЖЕЛ выд, Е вд и МОД. F2 (дисперсия 24%) – фактор

красной крови, он объединяет суммарные и индивидуальные характеристики эритроцитов (Ht, Hb, MCV, MCH). При психоэмоциональном напряжении картина существенно видоизменяется. Доминирующий фактор F1 с высокой емкостью (48%) объединяет параметры всех рассмотренных звеньев КТС: красной крови (Ht, Hb, MCV, MCH), внешнего дыхания (ЖЕЛ вд и Е вд) и кровообращения (КЭК и ИНМ). Следовательно, эмоциональное возбуждение способствует усилению взаимодействия различных звеньев кислородообеспечения.

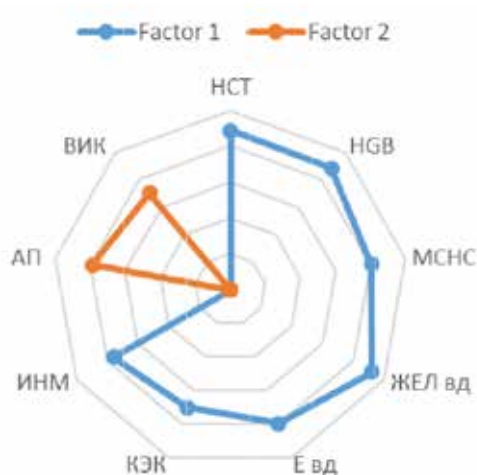
Таблица 4

Взаимосвязи компонентов кислородтранспортной системы студентов при различном психоэмоциональном состоянии.

Показатели	Эмоциональный покой		Эмоциональное напряжение	
	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2
HGB		0,85	-0,89	
MCV		0,91	-0,89	
HCT		0,73		
MCHC		0,82	-0,81	
ЖЕЛ вд	-0,90		-0,92	
ЖЕЛ выд	-0,75			
Е вд	-0,89		-0,80	
МОД	-0,76			
ВИК усл.ед.				-0,70
КЭК			-0,70	
СОК				
ИНМ			-0,76	
АП усл.ед.				-0,79



Эмоциональный покой



Эмоциональное напряжение

Емкостное распределение компонентов кислородтранспортной системы студентов при различном психоэмоциональном состоянии

Выявленное однонаправленное варьирование изученных параметров внешнего дыхания и красной крови свидетельствует, очевидно, о действии механизмов обеспечения, возрастающих при психоэмоциональном напряжении потребностей организма в кислороде. В свою очередь, ослабление функции внешнего дыхания сочетается с уменьшением функциональной активности красной крови. Обращает на себя внимание тот факт, что в фактор F1 с одноименными знаками вошли параметры, характеризующие состояние аппарата кровообращения. Из анализа структуры фактора можно заключить, что при эмоциональном стрессе активизация деятельности систем внешнего дыхания и красной крови сопровождается ростом напряжения в функционировании ССС. Об этом свидетельствует увеличение показателей КЭК и ИНМ. F2 (дисперсия 19%), в который вошли ВИК и АП, описывает связь симпатических влияний с уровнем адаптационного потенциала. Очевидно, что симпатoadренальная система выступает в качестве триггера, запускающего изменения в КТС.

Кислородтранспортная система организма включает дыхательный, гемодинамический и циркуляторный компоненты. Непосредственно доставку кислорода тканям осуществляют клетки красной крови. Увеличение доставки кислорода тканям достигается путем активизации функциональных резервов красной крови, возрастания суммарной дыхательной поверхности эритроцитов, изменения сродства гемоглобина к кислороду и др.

Увеличение уровня потребления кислорода организмом (например, при физических нагрузках) обеспечивается существенным возрастанием резервов кровообращения и производительности сердца. В свою очередь, минутный объем кровообращения характеризует не только функциональную активность сердечно-сосудистой системы, но и способность тканей утилизировать кислород.

В конкретных метаболических условиях организм располагает множеством механизмов компенсации меняющегося потребления кислорода. Причем обеспечение текущих потребностей организма в кислороде и его адекватный транспорт возможны при достаточной гибкости и состоятельности всех систем и компонентов транспорта. Для этого деятельность кислородтранспортной системы целостного организма сбалансирована таким образом, что при отклонении от нормы в одном его звене используются компенсаторные возможности другого звена. Так, ослабление

оксигенации клеток при уменьшении доставки O<sub>2</sub> тканям может быть улучшено повышением легочной вентиляции (эритропоэтический резерв) и/или увеличением работы сердца (резерв кровотока).

Эволюционно формирование симпатoadренальной системы, активирующейся в результате стресса, направлено на обеспечение увеличенных потребностей в кислороде и сопряжено с деятельностью кардиореспираторной системы. В свою очередь, ССС определяет и адаптационные возможности организма.

Высокий уровень тревожности и, как следствие, стресс неблагоприятно сказываются на работоспособности человека, эффективности адаптации и значительно уменьшают функциональные возможности организма [8]. Многими авторами отмечено преобладающее участие в данных сдвигах симпатoadренальных влияний на эти системы [9, 10], что необходимо для восстановления кислородного баланса организма [11]. При этом мобилизация ССС опосредуется симпатическим влиянием на сердце и сосуды и выражается в учащении сердечных сокращений и повышении давления [9].

### Заключение

Таким образом, проведенные исследования показывают, что на фоне стресса наблюдается напряжение в деятельности КТС, определяемое интенсификацией сердечно-сосудистой системы, увеличением дыхательных объемов и перераспределением показателей красной крови. При этом адаптационный потенциал организма оказывается сопряжен с деятельностью симпатoadренальной системы.

### Список литературы

1. Павлова Н.В., Свешников А.А., Хвостова С.А. Влияние изменений в менструальном цикле на минеральную плотность костей скелета у студенток при экзаменационном стрессе // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 7. С. 143–148.
2. Семилетова В.А., Дорохов Е.В., Абдурахмонов Н.Ш. Особенности функционального состояния и кардиоритма отечественных и иностранных студентов в различные периоды учебной деятельности // *Вестник новых медицинских технологий*. 2016. № 4. С. 155–160.
3. Илюхина В.А., Квашнева К.В., Крыжановский Э.В. Психофизиологическое исследование особенностей компенсаторно-приспособительных возможностей организма к учебной нагрузке в вузе у лиц с разной устойчивостью к транзитной гипоксии // *Психология образования в поликультурном пространстве*. 2013. № 21. С. 31–38.
4. Баевский Р.М., Черникова А.Г. Оценка адаптационного риска в системе индивидуального донологического контроля // *Российский физиологический журнал*. 2014. № 10. С. 1180–1194.
5. Сатаркулова А.М. Функциональное состояние и адаптационный потенциал у иностранных студентов с различным типом вегетативной регуляции в процессе об-

учения // Ульяновский медико-биологический журнал. 2020. № 1. С. 118–126.

6. Ullrich-French S.C., Power T.G., Daratha K.B., Bindler R.C., Steele M.M. Examination of adolescents' screen time and physical fitness as independent correlates of weight status and blood pressure. *J. Sports Sci.* 2010. Vol. 28. No. 11. P. 1189–1196.

7. Савченко С.В., Салеев Э.Р. Сравнительная характеристика динамики физической подготовленности студентов специальных медицинских групп в рамках реализации оздоровительной программы «путь к здоровью» // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 1 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28587> (дата обращения: 07.05.2021).

8. Шлык Н.И., Зуфарова Э.И. Нормативы показателей variability сердечного ритма у исследуемых 16–

21 года с разными преобладающими типами вегетативной регуляции // Вестник Удмуртского университета. 2013. № 4. С. 97–105.

9. Шамратова В.Г., Исаева Е.Е., Крапивко Ю.К. Оценка функционирования кислородтранспортной системы крови у студентов // Вестник Башкирского университета. 2007. № 4. С. 38–40.

10. Yogesh K., Vinay A., Savita G. Heart Rate Variability During Examination Stress in Medical Students. *Int. J. Physiol.* 2013. No. 1. P. 83–86.

11. Чурилов Ю.К., Вовкодав В.С., Клепиков А.Н., Ричей И.И., Рыжов Д.И. Использование количественных интегральных индексов в комплексной оценке переносимости летным составом перегрузок на центрифуге // Военно-медицинский журнал. 2018. № 10. С. 47–56.