

Журнал медико-биологических исследований. 2025. Т. 13, № 4. С. 409–420.
Journal of Medical and Biological Research, 2025, vol. 13, no. 4, pp. 409–420.



Научная статья
УДК [612.11+611.018.5]:576
DOI: 10.37482/2687-1491-Z263

Уровень тромбоцитов как возможный предиктор успешности обучения студентов в высших учебных заведениях

Татьяна Александровна Ишунина* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2743-7515>
Юлия Дмитриевна Луценко* ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2881-6839>
Алина Владиславовна Олейникова* ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2861-1272>
Сергей Юрьевич Миронов* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9889-9277>
Андрей Викторович Прусаченко* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-691X>

*Курский государственный медицинский университет
(Курск, Россия)

Аннотация. Прогнозирование успешности обучения является одной из фундаментальных задач учебной аналитики. К общепринятым прогностическим критериям относят показатели академической успеваемости. В то же время в доступной литературе недостаточно сведений о влиянии морфофункциональных факторов, свидетельствующих о состоянии здоровья обучающихся, на их успеваемость. В связи с этим **целью** настоящего исследования стало выявление возможных предикторов успешности обучения из числа форменных элементов крови. **Материалы и методы.** В эксперименте приняли участие 79 практически здоровых студентов II курса Курского государственного медицинского университета (средний возраст – $18,97 \pm 0,14$ года), из них 67 % – девушки, 33 % – юноши. Было проведено анонимное анкетирование обследуемых с помощью Google-форм. Указывались баллы рейтинга за первый семестр изучения дисциплины «Гистология, эмбриология, цитология»; время, необходимое для подготовки к занятиям; некоторые данные общего анализа крови по результатам медицинского осмотра (концентрации эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, гемоглобина; гематокрит; процентное содержание нейтрофилов и лимфоцитов). В зависимости от набранных баллов студенты были разделены на три группы: удовлетворительный уровень успеваемости (64–79 баллов; $n = 25$); хороший уровень успеваемости (80–90 баллов; $n = 41$); отличный уровень успеваемости (91–100 баллов; $n = 13$). **Результаты.** Выявлена значимая положительная корреляция между уровнем тромбоцитов и набранными баллами рейтинга ($r = 0,411$, $p = 0,00017$). При этом концентрация тромбоцитов значимо отличалась между тремя группами студентов ($p = 0,002$) и была выше у отличников по сравнению с обучающимися, продемонстрировавшими хороший ($p = 0,007$) или удовлетворительный ($p = 0,00045$) уровни успеваемости. Одной из причин повышения уровня тромбоци-

© Ишунина Т.А., Луценко Ю.Д., Олейникова А.В., Миронов С.Ю., Прусаченко А.В., 2025

Ответственный за переписку: Татьяна Александровна Ишунина, адрес: 305041, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 3; e-mail: ishuninat@yandex.ru

тов у испытуемых с высокой текущей успеваемостью может быть испытываемое ими нервно-психическое напряжение, связанное с более тщательной и длительной подготовкой к занятиям. Таким образом, концентрация тромбоцитов может использоваться в качестве предиктора успешности обучения студентов.

Ключевые слова: *форменные элементы крови, тромбоциты, нейтрофилы, предикторы успешности обучения, академическая успеваемость, морфофункциональные параметры здоровья, студенты вуза*

Для цитирования: Уровень тромбоцитов как возможный предиктор успешности обучения студентов в высших учебных заведениях / Т. А. Ишунина, Ю. Д. Луценко, А. В. Олейникова, С. Ю. Миронов, А. В. Прусаченко // Журнал медико-биологических исследований. – 2025. – Т. 13, № 4. – С. 409-420. – DOI 10.37482/2687-1491-Z263.

Original article

Platelet Count as a Possible Predictor of Academic Success of University Students

Tatjana A. Ishunina* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2743-7515>

Yuliya D. Lutsenko* ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2881-6839>

Alina V. Oleynikova* ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2861-1272>

Sergey Yu. Mironov* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9889-9277>

Andrey V. Prusachenko* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-691X>

*Kursk State Medical University
(Kursk, Russia)

Abstract. Predicting academic success is one of the fundamental tasks of learning analytics. Generally accepted predictive criteria include academic performance. However, there is limited information about the influence of morphofunctional factors indicating the state of health in students on their academic performance. Therefore, the **purpose** of this study was to investigate potential predictors of learning success based on blood cell data. **Materials and methods.** The experiment involved 79 apparently healthy second-year students of Kursk State Medical University (mean age 18.97 ± 0.14 years), 67 % female and 33 % male. An anonymous survey was conducted using Google Forms. The following information was obtained: rating points for the first semester of studying the discipline “Histology, Embryology, Cytology”, time spent preparing for classes, and some complete blood count data (concentrations of red blood cells, white blood cells, platelets and haemoglobin; haematocrit; neutrophil and lymphocyte fractions). Depending on the points scored, the students were divided into three groups: satisfactory performance (64–79 points, $n = 25$), good performance (80–90 points, $n = 41$) and excellent performance (91–100 points, $n = 13$). **Results.** A significant positive correlation between platelet count and rating points scored was found ($r = 0.411, p = 0.00017$). At the same time, platelet concentration differed significantly between the three

Corresponding author: Tatjana Ishunina, address: ul. Karla Marksа 3, Kursk, 305041, Russia; e-mail: ishuninat@yandex.ru

groups of students ($p = 0.002$) and was higher in the group with excellent performance compared to students who demonstrated good ($p = 0.007$) or satisfactory ($p = 0.00045$) performance. One of the reasons behind the increase in platelet concentration in students with currently high academic performance may be the neuropsychic stress they experience due to a longer and more thorough preparation for classes. Thus, platelet count can be used as a predictor of students' academic success.

Keywords: *blood cells, platelets, neutrophils, predictors of academic success, academic performance, morphofunctional parameters of health, university students*

For citation: Ishunina T.A., Lutsenko Yu.D., Oleynikova A.V., Mironov S.Yu., Prusachenko A.V. Platelet Count as a Possible Predictor of Academic Success of University Students. *Journal of Medical and Biological Research*, 2025, vol. 13, no. 4, pp. 409–420. DOI: 10.37482/2687-1491-Z263

Улучшение подготовки новых кадров – важнейшая задача высших учебных заведений. Его основным критерием является успешность обучения – комплексный параметр, учитывающий главным образом качество знаний и компетенций студентов [1]. Данный показатель во многом определяется общим уровнем интеллекта и мотивации и зависит от индивидуальных психологических особенностей обучающегося (например, уровня личностной тревожности).

Прогнозирование успешности обучения на протяжении многих лет остается актуальной задачей учебной аналитики и педагогики. В качестве критериев рассматриваются оценки (баллы) по основным дисциплинам, факт получения диплома по окончании вуза, приобретение профессиональных компетенций, удовлетворенность результатами обучения и конкурентоспособность на рынке труда. В качестве предикторов чаще всего используются показатели текущей успеваемости из электронно-информационных образовательных систем (например, электронных журналов). Реже исследователи учитывают результаты единого государственного экзамена (ЕГЭ) и вступительных испытаний, мотивируя это тем, что абитуриенты с более высоким уровнем базовой подготовки имеют лучшие результаты текущей успеваемости [2]. Иногда этот перечень дополняется балльной характеристикой общего уровня способностей и трудолюбия [3, 4], активностью в системе электронного

обучения, наличием академических достижений, психологическими и демографическими характеристиками обучающихся и влиянием окружающей среды [5, 6]. Таким образом, прогнозирование успешности обучения в научных работах педагогов высшей школы строится главным образом на предыдущих (ЕГЭ и вступительные испытания) и текущих (успеваемость и др.) достижениях студентов. Однако успешность обучения может зависеть и от морфофункциональных факторов и здоровья обучающихся [7], которые на данный момент игнорируются в исследованиях соответствующего профиля.

В научной литературе имеются сведения о влиянии некоторых параметров клеток крови на интеллектуальные и психофизиологические особенности взрослых людей. В основном это касается ферментных систем, участвующих в опосредовании механизмов окислительного стресса и связанного с ним воспаления в головном мозге человека. В частности, было показано, что снижение активности каталазы и глутатионпероксидазы эритроцитов приводит к накоплению перекиси водорода, инициирующей реакции окислительного стресса, которые, в свою очередь, запускают эксайтотоксичный механизм гибели нейронов и разрушение синаптических контактов [8]. Подобные изменения максимально представлены в патогенезе психических заболеваний (например, шизофрении, депрессии, биполярных расстройств), причем это касается не только эритроцитов, но и других

форменных элементов. Так, в тромбоцитах при шизофрении падает активность глутатионредуктазы и глутатион-S-трансферазы, что ассоциируется со снижением количества основного эндогенного антиоксиданта – глутатиона – в головном мозге [9]. Уровень активности глутатионредуктазы в лейкоцитах используется в качестве периферического маркера сосудистой деменции [10].

Описанные выше механизмы окислительного стресса и воспаления приводят к сокращению длины теломер лейкоцитов и ускорению их клеточного старения [9]. Более того, при когнитивных дисфункциях отмечаются изменения микроструктуры клеток крови. Например, при синдроме умеренного (мягкого) когнитивного снижения нарушается микровязкость липидов в мембране эритроцитов и повышается уровень их перекисного окисления, что приводит к структурным изменениям красных кровяных телец [11]. Таким образом, связь между форменными элементами крови и когнитивными функциями следует считать неоспоримой. Однако данных об этих взаимодействиях у здоровых людей недостаточно.

Цель настоящей работы – выявление возможных предикторов успешности обучения из числа форменных элементов крови у студентов высших учебных заведений.

Материалы и методы. Исследование выполнено на базе Курского государственного медицинского университета (КГМУ) в 2023 году в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (редакция 2013 года). В нем приняли участие 79 практически здоровых студентов II курса лечебного, педиатрического и стоматологического факультетов КГМУ (средний возраст – $18,97 \pm 0,14$ года), из них 67 % – девушки, 33 % – юноши. Все респонденты дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Проведено анонимное дистанционное анкетирование с использованием Google-форм. Студентам предлагалось указать:

- баллы рейтинга за первый семестр изучения дисциплины «Гистология, эмбриология, цитология»;

- время, необходимое для подготовки к занятиям;

– данные общего анализа крови, полученные при обязательном медицинском осмотре, проведенном при участии КГМУ за 1 мес. до окончания семестра: концентрации эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, гемоглобина; гематокрит; процентное содержание нейтрофилов и лимфоцитов (результаты анализа крови были выданы студентам после медосмотра).

Дисциплина «Гистология, эмбриология, цитология» изучается в КГМУ на протяжении двух семестров: второй семестр I курса (весна) и первый семестр II курса (осень). Успешность обучения характеризовалась баллами рейтинга за весенний семестр I курса (максимум – 100 баллов), которые складывались из баллов за практические занятия (средний балл, умноженный на 3; максимум – 15 баллов), баллов за три итоговые работы (средний балл, умноженный на 4; максимум – 20 баллов), оценки за практические навыки (умение распознавать ткани и клеточные элементы на гистологических препаратах; максимум – 5 баллов) и результатов зачета (средний балл, умноженный на 12; максимум – 60 баллов). Баллы рассчитывались автоматически в системе электронного журнала на основании данных, вводимых преподавателями после каждого занятия. В зависимости от набранных баллов студенты были разделены на три группы: удовлетворительный уровень успеваемости (64–79 баллов; $n = 25$); хороший уровень успеваемости (80–90 баллов; $n = 41$); отличный уровень успеваемости (91–100 баллов; $n = 13$).

Статистическая обработка проводилась с использованием программ MS Excel 2007 (Microsoft, США) и Statistica 13.3 (StatSoft, США). Характер распределения значений изучался с помощью теста Шапиро–Уилка. Поскольку для некоторых признаков оно отличалось от нормального, статистическая обработка осуществлялась с использованием непараметрического теста Краскела–Уоллиса и теста Данна для множественных сравнений с поправкой Бонферрони. Корреляционные связи анализировались с помощью теста Пирсона. Данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха – $Me [Q_1; Q_3]$. Критический уровень значимости (p) принят равным 0,05.

Результаты. Вначале определялось наличие корреляционных связей между набранными баллами и показателями общего анализа крови. Установлено, что концентрация лейкоцитов не влияла на успеваемость студентов (см. таблицу и рис. 1, с. 414). Отмечено наличие значимой положительной корреляции между уровнем тромбоцитов и набранными баллами ($r = 0,411$, $p = 0,00017$), т. е. чем больше данный показатель (в пределах физиологической нормы), тем выше успешность обучения. Согласно тесту Краскела–Уоллиса, концентрация тромбоцитов значимо отличалась между тремя группами студентов ($p = 0,002$) и была выше у отличников по сравнению с обучающимися, продемонстрировавшими хороший ($p = 0,007$) или удовлетворительный ($p = 0,00045$) уровни успеваемости.

Значительного влияния показателей красной крови (эритроциты, гемоглобин, гематокрит) на успешность обучения в изученной выборке не установлено. Однако обращает на себя внимание отрицательный характер корреляционной связи между концентрацией эритроцитов и успешностью обучения студентов ($r = -0,158$; $p = 0,165$). Более того, отрицательной оказалась и зависимость между гематокритом и успешностью обучения ($r = -0,214$; $p = 0,058$) (рис. 2, см. с. 415). Близкие к достоверным различия получены для концентраций эритроцитов при межгрупповых сравнениях. Так, у студентов с удовлетворительным уровнем успеваемости концентрация эритроцитов была выше, чем у хорошистов ($p = 0,06$) и отличников ($p = 0,07$) (см. таблицу).

Гендерных различий в настоящем исследовании не установлено. Однако следует от-

**Показатели общего анализа крови студентов КГМУ ($n = 79$)
в зависимости от текущей успеваемости, $Me [Q_1; Q_3]$**

**Complete blood count in students of Kursk State Medical University ($n = 79$)
depending on their current academic performance, $Me [Q_1; Q_3]$**

Показатель	Уровень успеваемости			Тест Краскела–Уоллиса	<i>p</i>
	удовлетворительный (1)	хороший (2)	отличный (3)		
Концентрация эритроцитов, $\cdot 10^{12}/\text{л}$	4,63 [4,27; 4,90]	4,45 [4,10; 4,90]	4,30 [4,10; 4,80]	0,100	–
Концентрация гемоглобина, г/л	140 [124,5; 153,5]	130 [117,0; 147,0]	137 [129,5; 146,5]	0,218	–
Гематокрит, %	42,0 [38,4; 44,0]	40,0 [36,8; 44,6]	40,1 [38,8; 42,2]	0,122	–
Концентрация лейкоцитов, $\cdot 10^9/\text{л}$	6,3 [4,7; 8,3]	6,0 [4,8; 7,4]	6,0 [5,0; 7,9]	0,920	–
Концентрация тромбоцитов, $\cdot 10^9/\text{л}$	230 [197; 301]	250 [205; 314]	340 [280; 387]	0,002	<0,001 (1-3) 0,007 (2-3)
Содержание нейтрофилов, %	54,0 [47,5; 61,0]	54,7 [44,3; 62,9]	57,8 [52,8; 63,0]	0,674	–
Содержание лимфоцитов, %	32,0 [24,0; 40,0]	31,7 [23,4; 43,3]	33,1 [26,4; 41,6]	0,290	–
Время, затрачиваемое на подготовку к занятиям, ч	2,0 [1,5; 4,5]	3,0 [2,0; 4,5]	3,5 [2,8; 4,3]	0,006	0,012 (1-2) 0,004 (1-3)

Примечание. Полужирным начертанием отмечены статистически значимые различия.

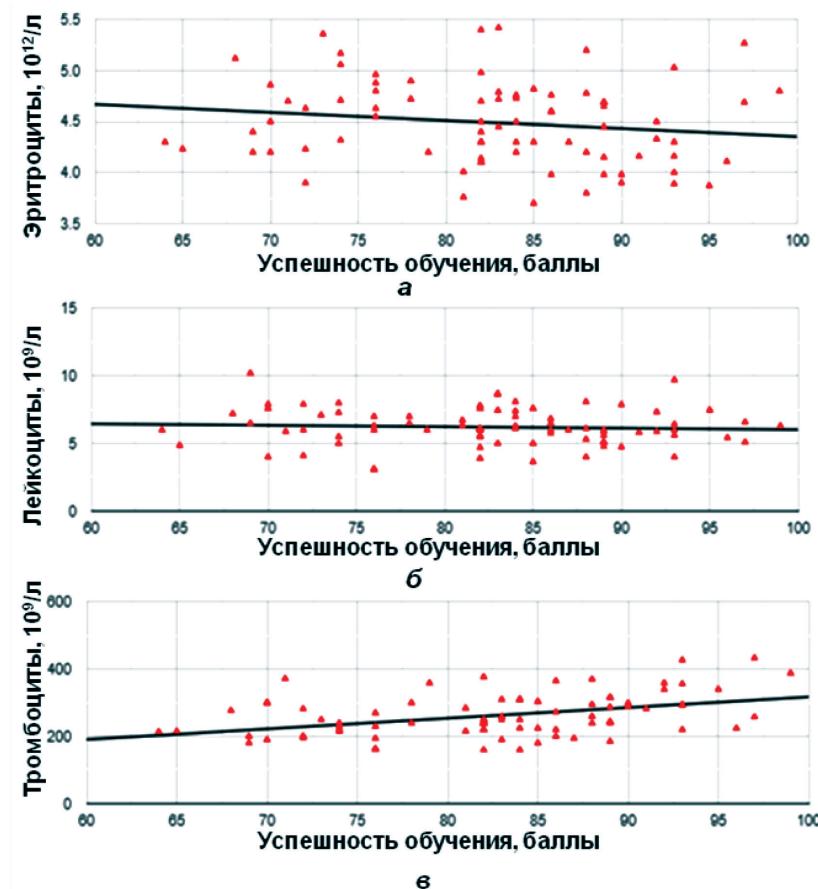


Рис. 1. Корреляционные связи между успешностью обучения студентов КГМУ и концентрациями клеток в их периферической крови: *а* – эритроцитов ($r = -0,158, p = 0,165$); *б* – лейкоцитов ($r = -0,063, p = 0,582$); *в* – тромбоцитов ($r = 0,411, p = 0,00017$)

Fig. 1. Correlations between academic success in students of Kursk State Medical University and peripheral blood cell counts: *a* – red blood cells ($r = -0.158, p = 0.165$); *b* – white blood cells ($r = -0.063, p = 0.582$); *c* – platelets ($r = 0.411, p = 0.00017$)

метить наличие статистического тренда при анализе корреляционной связи между успешностью обучения и процентным содержанием лимфоцитов у девушек ($r = 0,237; p = 0,088$).

Вполне ожидаемыми, но впервые демонстрируемыми оказались различия в количестве часов, которое обучающиеся затрачивали на подготовку к занятиям ($p = 0,006$) (см. табли-

цу). Студенты с удовлетворительным уровнем успеваемости уделяли подготовке к занятиям меньше часов, чем хорошисты ($p = 0,012$) и отличники ($p = 0,004$). При этом последние две группы тратили на подготовку приблизительно одинаковое количество времени. Новым интересным результатом является положительная корреляционная зависимость между процент-

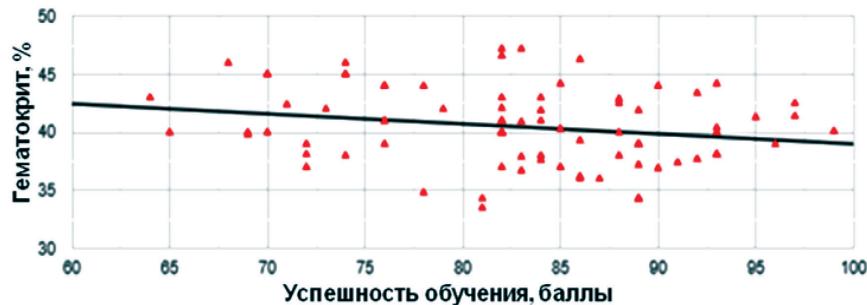


Рис. 2. Корреляционная связь между успешностью обучения и гематокритом у студентов КГМУ ($r = -0,214$; $p = 0,058$)

Fig. 2. Correlation between academic success and haematocrit in students of Kursk State Medical University ($r = -0.214$; $p = 0.058$)

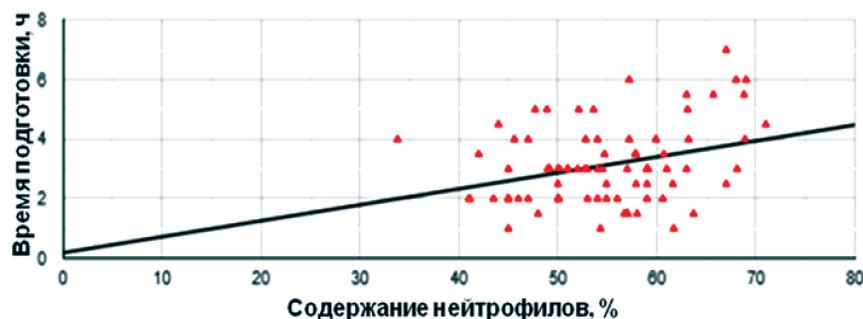


Рис. 3. Корреляционная связь между процентным содержанием нейтрофилов и временем, затрачиваемым на подготовку, у студентов КГМУ ($r = 0,311$; $p = 0,005$)

Fig. 3. Correlation between neutrophil fraction and time spent preparing for classes in students of Kursk State Medical University ($r = 0.311$; $p = 0.005$)

ным содержанием нейтрофилов и количеством часов, уделяемых подготовке к занятиям ($r = 0,311$; $p = 0,005$), т. е. чем выше было процентное содержание нейтрофилов, тем больше времени студент тратил на подготовку (рис. 3).

Обсуждение. Концентрация лейкоцитов в общем анализе крови служит индикатором воспаления. В изученной выборке она находилась в пределах физиологической нормы и не влияла на успешность обучения. Однако количество нейтрофилов, отвечающих в основном за фагоцитоз и неспецифические аспекты иммунного ответа, было связано со временем,

затрачиваемым на усвоение материала. Так, при наличии слабо выраженного неспецифического воспаления в организме студентам требовалось больше времени на подготовку к занятиям. Вполне возможно, что учащиеся с более высоким процентным содержанием нейтрофилов испытывали чувство усталости, увеличивающее временной интервал для усвоения материала. Подтверждением этой гипотезы служат данные об увеличении экспрессии в лейкоцитах пациентов с непрекращающим чувством усталости транскриптов, обладающих чувствительными участками для связи и после-

дующего ответа на провоспалительный фактор NF- κ B [12].

Эритроциты традиционно ассоциируются с переносом кислорода. Компенсаторное повышение их концентрации может указывать на наличие тканевой гипоксии. Не исключено, что более низкие баллы у студентов с удовлетворительным уровнем успеваемости были связаны с незначительным дефицитом оксигенации периферических тканей в целом и головного мозга в частности.

Однако наибольший и статистически значимый вклад в прогнозирование успешности обучения студентов вносят кровяные пластинки, или тромбоциты. Классическая функция этих форменных элементов – участие в процессах свертывания крови и тромбообразовании. Исследования последних 5–10 лет все чаще связывают их с нейрогенезом и функциональными особенностями нейронов и синапсов. Тромбоциты содержат целую группу нейротрансмиттеров (серотонин, гистамин, адреналин, дофамин, глутамат, γ -аминомасляная кислота), участвующих в межнейронных взаимодействиях, а также рецепторы и транспортеры этих молекул. Более того, тромбоциты способны выделять указанные нейротрансмиттеры в синаптоподобные структуры, которые они могут образовывать с нейронами. Основным тромбоцитарным нейротрансмиттером является серотонин, который поглощается из плазмы крови с участием серотонинового транспортера и накапливается в плотных гранулах кровяных пластинок. Его выделение из данных гранул стимулирует образование новых синапсов между нейронами. Помимо этого, тромбоциты могут повышать уровень экспрессии некоторых генов, ответственных за синаптическую пластичность нейронов и образование дендритических шипиков, необходимых для формирования новых синапсов [13]. Также тромбоциты способны связываться со специфичными для центральной нервной системы гликолипидными структурами нейрональных отростков [14] и через них влиять на появление новых дендритических шипиков [15]. В то же время широ-

ко известно, что количество дендритических шипиков положительно коррелирует со способностями к обучению. Именно им принадлежит ключевая роль в процессах обучения и памяти [16].

К предполагаемым механизмам, обеспечивающим взаимодействие тромбоцитов с нейронами, относится упаковка и транспортировка молекул с помощью небольших внеклеточных везикул, которые считаются индикаторами межклеточных коммуникаций, причем источником 60–90 % таких внеклеточных везикул, обнаруживаемых в периферической крови, являются именно тромбоциты. Активизированные кровяные пластинки высвобождают главным образом два типа внеклеточных везикул: экзосомы и РМР (platelet microparticles, или микровезикулы тромбоцитов). В экзосомах определяется в основном содержимое α -гранул, включая несколько молекул, стимулирующих нейрогенез. По этой причине высвобождение тромбоцитами экзосом представляет собой потенциальный канал связи между ними и нейрональными клетками-предшественницами. РМР содержат цитоплазму, рибонуклеиновую кислоту и белки, которые могут быть перенесены в другие клетки. Помимо факторов, участвующих в коагуляции, адгезии и активации клеток, в РМР обнаружены цитокины и хемокины, такие как тромбоцитарный фактор 4 (PF4), обеспечивающий дифференцировку нейронов из нейрональных клеток-предшественниц [17]. Более того, в экспериментах на мышах показано, что PF4 проникает в головной мозг и улучшает когнитивные функции [18, 19].

Подтверждением потенциальной связи между тромбоцитами и когнитивными функциями у людей служат результаты недавнего исследования H. Yu et al. [20]. Авторами был проведен подробный протеомный анализ тромбоцитов у взрослых пациентов с мягкими когнитивными расстройствами, болезню Альцгеймера и людей, не имеющих заболеваний с нарушением когнитивных функций, в зависимости от когнитивного статуса по шкале MMSE (Mini-Mental State Examination), предусматривающей

оценку ориентации во времени и пространстве, концентрации внимания, способности считать, запоминать, читать, говорить, воспроизводить и выполнять 3-этапные команды. Оказалось, что по меньшей мере 173 разновидности белков тромбоцитов человека коррелируют с когнитивными способностями, причем у 129 из них эта корреляция является положительной. Меньшая группа из 44 белков с отрицательной корреляцией принадлежит к белкам воспалительных реакций, которые активируются в мозге пожилых людей и пациентов с когнитивными расстройствами, в частности с болезнью Альцгеймера.

Таким образом, в научной литературе представлено немало доказательств влияния тромбоцитов и выделяемых ими факторов на нейроны и когнитивные функции. В то же время данных о взаимосвязи концентрации

тромбоцитов с показателями успешности обучения у молодых людей нет. В настоящей работе впервые показано, что концентрация тромбоцитов у студентов высших учебных заведений связана с их успеваемостью, что может быть использовано в медико-биологических исследованиях при оценке когнитивных функций. Одной из причин повышения концентрации тромбоцитов у студентов с высоким уровнем успеваемости может быть испытываемое ими нервно-психическое напряжение [21], связанное с более тщательной и длительной подготовкой к занятиям. Активация тромбоцитов последовательно приводит к интенсификации высвобождения тромбоцитарных факторов, влияющих на морфофункциональные аспекты нервной системы и когнитивные способности обучающихся.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Озерова Г.П., Павленко Г.Ф. Прогнозирование успешности студентов при смешанном обучении с использованием данных учебной аналитики // Sci. Educ. Today. 2019. Т. 9, № 6. С. 73–87. <https://doi.org/10.15293/2658-6762.1906.05>
2. Степанова И.П., Ганзина И.В., Атавина О.В., Постнова Т.В., Мугак В.В. Прогнозирование успешности обучения по химическим дисциплинам по результатам ЕГЭ в медицинском вузе // Междунар. журн. эксперим. образования. 2018. № 11. С. 17–22.
3. Носков М.В., Вайнштейн Ю.В., Сомова М.В., Федотова И.М. Прогностическая модель оценки успешности предметного обучения в условиях цифровизации образования // Вестн. Рос. ун-та дружбы народов. Сер.: Информатизация образования. 2023. Т. 20, № 1. С. 7–19. <https://doi.org/10.22363/2312-8631-2023-20-1-7-19>
4. Харитонов И.М., Крушель Е.Г., Привалов О.О., Степанченко И.В., Степанченко О.В. Прогнозирование качества обучения в вузе с помощью методов регрессионного анализа // Изв. С.-Петерб. гос. технол. ин-та (техн. ун-та). 2021. № 56(82). С. 72–80. <https://doi.org/10.36807/1998-9849-2020-56-82-72-80>
5. Гафаров Ф.М., Руднева Я.Б., Шарифов У.Ю. Прогностическое моделирование в высшем образовании: определение факторов академической успеваемости // Высш. образование в России. 2023. Т. 32, № 1. С. 51–70. <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2023-32-1-51-70>
6. Якунин Ю.Ю., Шестаков В.Н., Ликсонова Д.И., Даничев А.А. Прогнозирование результатов обучения студентов с использованием инструментов машинного обучения // Информатика и образование. 2023. Т. 38, № 4. С. 28–43. <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2023-38-4-28-43>
7. Мухина Н.В. Влияние физиологических и психологических показателей организма студенток среднего профессионального образования на уровень их успеваемости // Журн. мед.-биол. исследований. 2024. Т. 12, № 3. С. 338–346. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z206>

8. Djordjević V.V., Kostić J., Krivokapić Ž., Krtinić D., Ranković M., Petković M., Ćosić V. Decreased Activity of Erythrocyte Catalase and Glutathione Peroxidase in Patients with Schizophrenia // Medicina (Kaunas). 2022. Vol. 58, № 10. Art. № 1491. <https://doi.org/10.3390/medicina58101491>
9. Савушкина О.К., Бокша И.С., Прохорова Т.А., Терешкина Е.Б., Бурминский Д.С., Морозова М.А., Воробьева Е.А., Бурбаева Г.Ш. Активность эритроцитарных и тромбоцитарных глутатионредуктазы и глутатион-С-трансферазы при параноидной шизофрении // Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2018. Т. 118, № 11. С. 77–81. <https://doi.org/10.17116/jnevro20181181177>
10. Cristalli D.O., Arnal N., Marra F.A., de Alaniz M.J.T., Marra C.A. Peripheral Markers in Neurodegenerative Patients and Their First-Degree Relatives // J. Neurol. Sci. 2012. Vol. 314, № 1–2. P. 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2011.11.001>
11. Фаткуллина Л.Д., Молочкина Е.М., Зорина О.М., Подчуфарова Д.Е., Гаврилова С.И., Федорова Я.Б., Клюшиник Т.П., Бурлакова Е.Б. Показатели структуры мембранны и активность ацетилхолинэстеразы эритроцитов у пациентов с синдромом мягкого когнитивного снижения // Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2013. Т. 113, № 6. С. 62–67.
12. Bower J.E., Ganz P.A., Irwin M.R., Arevalo J.M.G., Cole S.W. Fatigue and Gene Expression in Human Leukocytes: Increased NF-κB and Decreased Glucocorticoid Signaling in Breast Cancer Survivors with Persistent Fatigue // Brain Behav. Immun. 2011. Vol. 25, № 1. P. 147–150. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2010.09.010>
13. Burnouf T., Walker T.L. The Multifaceted Role of Platelets in Mediating Brain Function // Blood. 2022. Vol. 140, № 8. P. 815–827. <https://doi.org/10.1182/blood.2022015970>
14. Sotnikov I., Veremeyko T., Starosom S.C., Barteneva N., Weiner H.L., Ponomarev E.D. Platelets Recognize Brain-Specific Glycolipid Structures, Respond to Neurovascular Damage and Promote Neuroinflammation // PLoS One. 2013. Vol. 8, № 3. Art. № e58979. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058979>
15. Dukhinova M., Kuznetsova I., Kopeikina E., Veniaminova E., Yung A.W.Y., Veremeyko T., Levchuk K., Barteneva N.S., Wing-Ho K.K., Yung W.-H., Liu J.Y.H., Rudd J., Yau S.S.Y., Anthony D.C., Strekalova T., Ponomarev E.D. Platelets Mediate Protective Neuroinflammation and Promote Neuronal Plasticity at the Site of Neuronal Injury // Brain Behav. Immun. 2018. Vol. 74. P. 7–27. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2018.09.009>
16. Heck N., Santos M.D. Dendritic Spines in Learning and Memory: From First Discoveries to Current Insights // Adv. Neurobiol. 2023. Vol. 34. P. 311–348. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36159-3_7
17. Leiter O., Walker T.L. Platelets: The Missing Link Between the Blood and Brain? // Prog. Neurobiol. 2019. Vol. 183. Art. № 101695. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2019.101695>
18. Park C., Hahn O., Gupta S., Moreno A.J., Marino F., Kedir B., Wang D., Villeda S.A., Wyss-Coray T., Dubal D.B. Platelet Factors Are Induced by Longevity Factor Klotho and Enhance Cognition in Young and Aging Mice // Nat. Aging. 2023. Vol. 3, № 9. P. 1067–1078. <https://doi.org/10.1038/s43587-023-00468-0>
19. Schroer A.B., Ventura P.B., Sucharov J., Misra R., Chui M.K.K., Bieri G., Horowitz A.M., Smith L.K., Encabo K., Tenggara I., Couthouis J., Gross J.D., Chan J.M., Luke A., Villeda S.A. Platelet Factors Attenuate Inflammation and Rescue Cognition in Ageing // Nature. 2023. Vol. 620, № 7976. P. 1071–1079. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06436-3>
20. Yu H., Liu Y., He B., He T., Chen C., He J., Yang X., Wang J.-Z. Platelet Biomarkers for a Descending Cognitive Function: A Proteomic Approach // Aging Cell. 2021. Vol. 20, № 5. Art. № e13358. <https://doi.org/10.1111/ace.13358>
21. Koudouovoh-Tripp P., Sperner-Unterweger B. Influence of Mental Stress on Platelet Bioactivity // World J. Psychiatry. 2012. Vol. 2, № 6. P. 134–147. <https://doi.org/10.5498/wjp.v2.i6.134>

References

1. Ozerova G.P., Pavlenko G.F. Prediction of Student Performance in Blended Learning Utilizing Learning Analytics Data. *Sci. Educ. Today*. 2019, vol. 9, no. 6, pp. 73–87 (in Russ.). <https://doi.org/10.15293/2658-6762.1906.05>
2. Stepanova I.P., Ganzina I.V., Atavina O.V., Postnova T.V., Mugak V.V. Prognozirovanie uspeshnosti obucheniya po khimicheskim distsiplinam po rezul'tatam EGE v meditsinskom vuze [Prognosis of Training Success in Chemical Disciplines According to Results of the Unified State Exam (USE) in Medical University]. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*, 2018, no. 11, pp. 17–22.

3. Noskov M.V., Vaynshteyn Yu.V., Somova M.V., Fedotova I.M. Prognostic Model for Assessing the Success of Subject Learning in Conditions of Digitalization of Education. *RUDN J. Informatization Educ.*, 2023, vol. 20, no. 1, pp. 7–19 (in Russ.). <https://doi.org/10.22363/2312-8631-2023-20-1-7-19>
4. Kharitonov I.M., Krushel' E.G., Privalov O.O., Stepanchenko I.V., Stepanchenko O.V. Prognozirovaniye kachestva obucheniya v vuze s pomoshch'yu metodov regressionnogo analiza [Higher School Education Quality Forecasting by Regression Analysis Methods]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta (tekhnicheskogo universiteta)*, 2021, no. 56, pp. 72–80. <https://doi.org/10.36807/1998-9849-2020-56-82-72-80>
5. Gafarov F.M., Rudneva Ya.B., Sharifov U.Yu. Predictive Modeling in Higher Education: Determining Factors of Academic Performance. *Vyshee obrazovanie v Rossii*, 2023, vol. 32, no. 1, pp. 51–70 (in Russ.). <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2023-32-1-51-70>
6. Yakunin Yu.Yu., Shestakov V.N., Liksonova D.I., Danichev A.A. Predicting Student Performance Using Machine Learning Tools. *Inform. Educ.*, 2023, vol. 38, no. 4, pp. 28–43 (in Russ.). <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2023-38-4-28-43>
7. Mukhina N.V. Effects of Physiological and Psychological Parameters of Female Students on Their Academic Performance. *J. Med. Biol. Res.*, 2024, vol. 12, no. 3, pp. 338–346. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z206>
8. Djordjević V.V., Kostić J., Krivokapić Ž., Krtinić D., Ranković M., Petković M., Ćosić V. Decreased Activity of Erythrocyte Catalase and Glutathione Peroxidase in Patients with Schizophrenia. *Medicina (Kaunas)*, 2022, vol. 58, no. 10. Art. no. 1491. <https://doi.org/10.3390/medicina58101491>
9. Savushkina O.K., Boksha I.S., Prokhorova T.A., Tereshkina E.B., Burminskiy D.S., Morozova M.A., Vorob'eva E.A., Burbaea G.Sh. Aktivnost' eritrotsitarnykh i trombotsitarnykh glutationreduktazy i glutation-S-transferazy pri paranoidnoy shizofrenii [The Activity of Erythrocyte and Platelet Glutathione Reductase and Glutathione-S-Transferase in Paranoid Schizophrenia]. *Zhurnal nevrologii i psichiatrii im. S.S. Korsakova*, 2018, vol. 118, no. 11, pp. 77–81. <https://doi.org/10.17116/jnevro201811811177>
10. Cristalli D.O., Arnal N., Marra F.A., de Alaniz M.J.T., Marra C.A. Peripheral Markers in Neurodegenerative Patients and Their First-Degree Relatives. *J. Neurol. Sci.*, 2012, vol. 314, no. 1–2, pp. 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2011.11.001>
11. Fatkullina L.D., Molochkina E.M., Zorina O.M., Podchufarova D.E., Gavrilova S.I., Fedorova Ya.B., Klyushnik T.P., Burlakova E.B. Pokazateli struktury membrany i aktivnost' atsetilkholinesterazy eritrotsitov u patsientov s sindromom myagkogo kognitivnogo snizheniya [Membrane Structure Markers and the Acetylcholinesterase Activity of Erythrocytes in Patients with Mild Cognitive Impairment]. *Zhurnal nevrologii i psichiatrii im. S.S. Korsakova*, 2013, vol. 113, no. 6, pp. 62–67.
12. Bower J.E., Ganz P.A., Irwin M.R., Arevalo J.M.G., Cole S.W. Fatigue and Gene Expression in Human Leukocytes: Increased NF-κB and Decreased Glucocorticoid Signaling in Breast Cancer Survivors with Persistent Fatigue. *Brain Behav. Immun.*, 2011, vol. 25, no. 1, pp. 147–150. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2010.09.010>
13. Burnouf T., Walker T.L. The Multifaceted Role of Platelets in Mediating Brain Function. *Blood*, 2022, vol. 140, no. 8, pp. 815–827. <https://doi.org/10.1182/blood.2022015970>
14. Sotnikov I., Veremeyko T., Starosom S.C., Barteneva N., Weiner H.L., Ponomarev E.D. Platelets Recognize Brain-Specific Glycolipid Structures, Respond to Neurovascular Damage and Promote Neuroinflammation. *PLoS One*, 2013, vol. 8, no. 3. Art. no. e58979. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058979>
15. Dukhinova M., Kuznetsova I., Kopeikina E., Veniaminova E., Yung A.W.Y., Veremeyko T., Levchuk K., Barteneva N.S., Wing-Ho K.K., Yung W.-H., Liu J.Y.H., Rudd J., Yau S.S.Y., Anthony D.C., Strekalova T., Ponomarev E.D. Platelets Mediate Protective Neuroinflammation and Promote Neuronal Plasticity at the Site of Neuronal Injury. *Brain Behav. Immun.*, 2018, vol. 74, pp. 7–27. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2018.09.009>
16. Heck N., Santos M.D. Dendritic Spines in Learning and Memory: From First Discoveries to Current Insights. *Adv. Neurobiol.*, 2023, vol. 34, pp. 311–348. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36159-3_7
17. Leiter O., Walker T.L. Platelets: The Missing Link Between the Blood and Brain? *Prog. Neurobiol.*, 2019, vol. 183. Art. no. 101695. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2019.101695>

18. Park C., Hahn O., Gupta S., Moreno A.J., Marino F., Kedir B., Wang D., Villeda S.A., Wyss-Coray T., Dubal D.B. Platelet Factors Are Induced by Longevity Factor Klotho and Enhance Cognition in Young and Aging Mice. *Nat. Aging*, 2023, vol. 3, no. 9, pp. 1067–1078. <https://doi.org/10.1038/s43587-023-00468-0>
19. Schroer A.B., Ventura P.B., Sucharov J., Misra R., Chui M.K.K., Bieri G., Horowitz A.M., Smith L.K., Encabo K., Tenggara I., Couthouis J., Gross J.D., Chan J.M., Luke A., Villeda S.A. Platelet Factors Attenuate Inflammation and Rescue Cognition in Ageing. *Nature*, 2023, vol. 620, no. 7976, pp. 1071–1079. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06436-3>
20. Yu H., Liu Y., He B., He T., Chen C., He J., Yang X., Wang J.-Z. Platelet Biomarkers for a Descending Cognitive Function: A Proteomic Approach. *Aging Cell*, 2021, vol. 20, no. 5. Art. no. e13358. <https://doi.org/10.1111/acel.13358>
21. Koudouovoh-Tripp P., Sperner-Unterweger B. Influence of Mental Stress on Platelet Bioactivity. *World J. Psychiatry*, 2012, vol. 2, no. 6, pp. 134–147. <https://doi.org/10.5498/wjp.v2.i6.134>

Поступила в редакцию 28.02.2025 / Одобрена после рецензирования 13.05.2025 / Принята к публикации 19.05.2025.
Submitted 28 February 2025 / Approved after reviewing 13 May 2025 / Accepted for publication 19 May 2025.