

Смагулов Н.К., Смагулов М.Н.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ОРГАНИЗМА ШКОЛЬНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ И СДАЧИ ЕДИНОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

ГКП с ПХВ «Карагандинский государственный медицинский университет» МЗ и СР РК, 100008, Караганда, Казахстан

*В Казахстане процесс сдачи выпускных экзаменов в школе и вступительные экзамены в вуз объединён в единое национальное тестирование (ЕНТ). В условиях подготовки и сдачи ЕНТ у отдельных субъектов, предрасположенных к эмоциональным стрессам, эти стрессы могут трансформироваться в патогенный фактор, нарушающий нормальные физиологические функции, что в итоге приведёт к формированию разнообразных психосоматических заболеваний. Работа посвящена математической оценке функционального напряжения организма школьников в процессе подготовки и сдачи ЕНТ. Исследования проводились на базе школы-интерната для одарённых детей «Дарын» г. Караганды до сдачи ЕНТ за 25, 10 и 3 дня и после сдачи ЕНТ. Оценивались сомато-метрические, психофизиологические показатели сердечно-сосудистой и центральной нервной систем. Статистическая обработка проводилась с помощью пакета Statistica 6.0 и специальных статистических программ. Полученные в результате расчёта парные коэффициенты корреляции использовались для оценки доли влияния входных факторов аргументов на выходные показатели функции (использовались достоверные значения коэффициентов корреляции, при  $p < 0,05$ ). Было выявлено, что экзаменационный стресс при подготовке и сдаче ЕНТ вызывает высокое психоэмоциональное напряжение организма учащихся. Мальчики более выражено реагируют на эмоциональный стресс, чем девочки, и на степень выраженности реакций оказывают влияние типологические особенности организма. На результативность ЕНТ оказывают существенное влияние как статические (возраст, экология, успеваемость, морфофункциональные показатели, типологические особенности учащихся, личностная тревожность), так и динамические (уровень функционального напряжения во время подготовки сердечно-сосудистой и центральной нервной систем и психоэмоциональной активности) показатели.*

**Ключевые слова:** единое национальное тестирование; экзаменационный стресс; школьники; математическая оценка.

**Для цитирования:** Смагулов Н.К., Смагулов М.Н. Математическая оценка функционального напряжения организма школьников в процессе подготовки и сдачи единого национального тестирования. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(9): 858-863. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-9-858-863>

**Для корреспонденции:** Смагулов Нурлан Кемельбекович, доктор мед. наук, профессор, Карагандинский государственный медицинский университет, 100008, Караганда, Казахстан. E-mail: [msmagulov@yandex.ru](mailto:msmagulov@yandex.ru).

Smagulov N.K., Smagulov M.N.

## MATHEMATICAL ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL EXERTION OF THE ORGANISM IN SCHOOLCHILDREN IN THE PROCESS OF TRAINING AND PASSING A UNIFIED NATIONAL TESTING

Karaganda State Medical University, Karaganda, 100008, Kazakhstan

*In Kazakhstan, the process of the passing of the final examinations in school and entrance examinations in Education College or University is incorporated into a unified national testing (UNT). In the process of the preparation and passing UNT in certain predisposed subjects (persons) the emotional stress can be transformed into a pathogenic factor, disrupting the normal physiological functions, leading eventually to the formation of a variety of psychosomatic illnesses. The article focuses on the mathematical assessment of the functional tension of the student's organism in the throughout preparation period and passing the UNT. The investigations were performed in a boarding school for Gifted Children of "Daryn" in the city Karaganda before (25, 10 and 3 days) and after passing UNT. Somatometrical and physiological indices of the cardiovascular system and the central nervous system have been estimated. Statistical processing was carried out using Statistica 6.0 package and special statistical software. Results of the calculation of pair-wise correlation coefficients were used for the estimation of the proportion influence of the input factors of the arguments on the output parameters of the function (it is used significant correlation coefficients, by  $P < 0.05$ ). The examination stress due to UNT was revealed to cause the high neuro-emotional stress of the organism of students. Boys react to the emotional stress more markedly than the girls. There are presented typological features of the organism influence the degree of the expression of the response. The UNT effectiveness is significantly affected by statical (age, environment, performance, morpho-functional indices, typological features of students, personal anxiety), and the dynamical (level of functional stress of the cardiovascular, central nervous system and psycho-emotional activity during the preparation) indices.*

**Key words:** UNT; examination stress; students; the mathematical assessment

**For citation:** Smagulov N.K., Smagulov M.N. Mathematical assessment of the functional constraint of the organism in schoolchildren in the process of training and passing a unified national testing. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(9): 858-863. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-9-858-863>

**For correspondence:** Nurlan K. Smagulov, MD, Ph.D., DSci., professor, Karaganda State Medical University, Karaganda, 100008, Kazakhstan. E-mail: [msmagulov@yandex.ru](mailto:msmagulov@yandex.ru).

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

**Acknowledgment.** The study had no sponsorship.

Received: 01 March 2018

Accepted: 24 April 2018

## Введение

Психоземotionalному стрессу как гигиеническому фактору в последнее время уделяется всё больше внимания [12]. Одним из факторов развития эмоционального стресса, оказывающим многопараметрическое воздействие на организм подростков и определяющим функциональное состояние физиологических систем, является экзамен [4]. В Казахстане процесс сдачи выпускных экзаменов в школе и вступительные экзамены в вуз объединён в единое национальное тестирование (ЕНТ). В условиях острых или длительных и непрерывных конфликтных ситуациях, которым может быть также подготовка и сдача ЕНТ, у отдельных субъектов, предрасположенных к эмоциональным стрессам, стресс может трансформироваться в патогенный фактор, нарушающий нормальные физиологические функции, что впоследствии приведёт к формированию разнообразных психосоматических заболеваний [5]. В связи с этим становится естественным интерес со стороны гигиенистов к процессу сдачи ЕНТ.

Для изучения сложных многофакторных явлений в биологии и медицине широкое применение находит системный подход [3], при котором каждый элемент системы должен представляться как автономно функционирующий, и его деятельность должна быть подчинена общему плану работы системы для получения полезного конечного результата [10]. Системный подход позволяет количественно оценить роль каждого отдельного фактора в формировании общего эффекта, а также установить наличие или отсутствие корреляционных связей между факторами трудового (в том числе и образовательного) процесса и функциональным состоянием организма. Психоземotionalная напряжённость труда, большая нагрузка сенсорных систем в совокупности с факторами учебного процесса выступают в качестве системообразующих элементов учебной деятельности школьников, определяют функциональное состояние организма [10].

Цель работы – математическая оценка функционального напряжения организма школьников в процессе подготовки и сдачи ЕНТ.

## Материал и методы

Исследования проводились на базе школы-интерната для одарённых детей «Дарын» при КарГУ г. Караганды. В основу разделения школьников на группы наблюдения был положен экологический принцип: учащиеся, проживающие в Октябрьском районе (средняя школа № 61), который характеризовался как «грязный» и где расположен целый комплекс промышленных предприятий; учащиеся, проживающие в районе Юго-Востока (средняя школа № 16), который характеризовался как «чистый», в котором отсутствуют промышленные предприятия. Исследования проводились до сдачи ЕНТ за 25, 10 и 3 дня и после сдачи ЕНТ. Исследование включило в себя 673 человеко-наблюдений.

Оценка результативности экзаменационных работ в рамках ЕНТ проводилась по 120-балльной системе и по оценкам по 5-балльной системе. Единое национальное тестирование проводилось по четырём предметам, три из которых являются обязательными образовательными (родной язык, математика, история Казахстана) и один из следующих образовательных предметов по выбору (казахская литература, русская литература, физика, химия, биология, география, иностранный язык, всеобщая история).

Физиологические и психометрические исследования включали:

- измерение основных показателей физического развития школьников – рост, вес, объём грудной клетки (ОГК), при которых вычислялись индекс физическо-

го состояния (ИФС) [7] и адаптационный потенциал (АП) [1];

- изучение индивидуально-психологических особенностей (экстра-/интроверсия, устойчив/неустойчив) по методике Г.Д. Айзенка (1992), определение личностной тревожности (ЛТ) и реактивной тревожности (РТ) по методике Ч.Д. Спилбергера, Ю.Л. Ханина;
- текущее функциональное состояние, которое оценивалось с помощью теста САН (субъективная оценка самочувствия, активности и настроения);
- измерение систолического артериального давления (САД) и диастолического артериального давления (ДАД), частоты сердечных сокращений (ЧСС) до и после дозированной нагрузки, подсчёт индекса Руфье – Диксона [11];
- математический анализ сердечного ритма по Р.М. Бавскому с вычислением показателя активности регуляторных систем (ПАРС) [2];
- измерение показателей функционального состояния умственной работоспособности (корректирующая таблица В.Я. Анфимова, простая слухомоторная реакция (СМР) и зрительно-моторная реакция (ЗМР), числовой тест – время обнаружения недостающей цифры и число допущенных ошибок).

Статистическая обработка проводилась с помощью пакета Statistica 6.0 и специальных статистических программ [9]. Вычислялись математическое ожидание ( $Mx$ ), среднеквадратическое отклонение ( $\sigma$ ), ошибка средней ( $\pm m$ ) и  $t$ -критерий Стьюдента, где достоверными считались различия при значении  $p < 0,05$ .

Для нахождения более адекватных корреляционных зависимостей в условиях анализа динамики рядов, содержащих нелинейные тенденции, дополнительно были использованы интегральные уравнения, выражающие тенденции в виде полиномов (парабол) 3 степеней, позволяющие находить S-образные зависимости с двумя и более перегибами, имеющие вид:  $y = a + bx + cx^2$ . Для расчёта параметров  $a$ ,  $b$ ,  $c$  использовали метод решения системы следующих линейных уравнений:

$$an + b\sum x + c\sum x^2 = \sum y;$$

$$a\sum x + b\sum x^2 + c\sum x^3 = \sum xy;$$

$$a\sum x^2 + b\sum x^3 + c\sum x^4 = \sum xyx^2.$$

Решение системы уравнений проводилось по методу Гауса путём прямого и обратного преобразования матрицы [6]. Полученные в результате расчёта парные коэффициенты корреляции использовались для оценки доли влияния входных факторов аргументов на выходные показатели функции (использовались значимые значения коэффициентов корреляции). Оценка достоверности коэффициента корреляции проводилась по формуле:

$$t = r / \sqrt{(n-2) / (1-r^2)}.$$

Достоверными считались при  $p < 0,05$  (более 95%).

Доля влияния аргументов (возраст, этап, экология, ИФС и т. д.) на функции (физиологические показатели) оценивались по следующей методике [8]: строится матрица из коэффициентов корреляции между аргументами и функциями, т. е. таблица. По вертикали составляют функции, а по горизонтали – аргументы, и складываются по вертикали квадраты коэффициентов корреляции по каждому аргументу ( $k_n = \sum r^2$ ), приведённых в матрице. Подобные суммы ( $k$ ) характеризуют абсолютный вклад каждого аргумента в общую дисперсию наблюдаемых функций (её весомость). Относительный вклад каждого аргумента – это соотношение абсолютных значений суммы к общей дисперсии системы (в процентах,  $P_k$ ). Анализ по систем-

Усл. ед

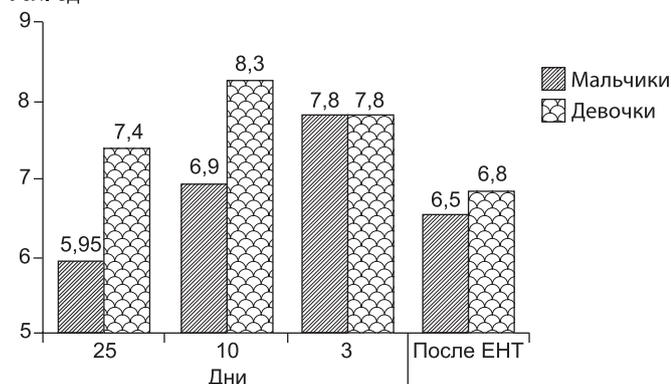


Рис. 1. Динамика показателей индекса Руфье в процессе подготовки и сдачи ЕНТ.

ного вклада проводился путём сложения по горизонтали квадратов коэффициентов корреляции, объединяя суммы по системам (сердечно-сосудистая, центральная нервная система, психоэмоциональная активность (ПЭА)). Относительный посистемный вклад – это также соотношение абсолютных значений суммы к общей дисперсии системы (в %).

### Результаты

Как показали проведённые исследования, предэкзамениционный этап характеризовался как положительной, так и отрицательной динамикой физиологических показателей. В процессе подготовки к ЕНТ у школьников улучшались показатели, характеризующие деятельность ЦНС (снижение времени на ЗМР и СМР) при снижении показателей, характеризующих внимание (увеличение времени выполнения цифрового теста и числа сделанных ошибок при проведении теста). В то же время отмечалось достоверное снижение их уровня работоспособности, оцениваемой по индексу Руфье – Диксона (рис. 1). Так, в процессе подготовки к ЕНТ работоспособность с  $5,95 \pm 0,37$  усл. ед. (за 25 дней до ЕНТ), что соответствует уровню «хорошо» (норматив  $3 \div 6$  усл. ед.), снижалась до  $6,88 \pm 0,35$  усл. ед. (за 10 дней до ЕНТ,  $p < 0,05$ ) и  $7,83 \pm 0,36$  усл. ед. (за 3 дня до ЕНТ,  $p < 0,05$ ), что соответствует уровню работоспособности «удовлетворительно» ( $6 \div 8$  усл. ед.). Такая динамика свидетельствовала о нарастании процессов утомления, несмотря на то, что, как указывалось выше, отмечалось улучшение показателей, характеризующих деятельность ЦНС. У девочек эти проявления отмечались более выражено. Наиболее неблагоприятные этапы в плане психофизиологического напряжения организма были для мальчиков на этапе 3 дня до начала ЕНТ, у девочек – на этапе 10 дней до начала ЕНТ.

Таблица 1

### Общая оценка активности регуляторных систем по ПАРС в процессе подготовки и сдачи ЕНТ

Контингент обследованных	До ЕНТ			После ЕНТ
	за 25 дней	за 10 дней	за 3 дня	
Мальчики (усл. ед.)	$4,05 \pm 0,20$	$3,29 \pm 0,41$	$2,14 \pm 0,24^*$	$4,3 + 0,36$
Девочки (усл. ед.)	$3,89 \pm 0,20$	$4,98 \pm 0,21^*$	$3,13 + 0,24^*$	$3,35 + 0,33$

Примечание. \* – различия данных по сравнению с этапом 25 дней достоверны ( $p < 0,05$ ).

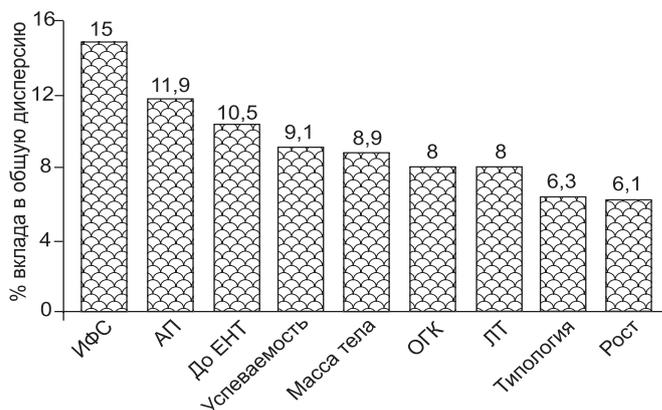


Рис. 2. Доля влияния входных факторов на напряжённость труда школьников.

Так, оценка уровня функционального напряжения по ПАРС у мальчиков: для этапа за 25 дней до ЕНТ –  $4,05 \pm 0,20$  усл. ед. (табл. 1), что в соответствие с классификацией [Баевский Р.М., Берсенева А.П., 2008] соответствует состоянию «выраженного функционального напряжения» (ПАРС = 4), для этапа за 10 дней до ЕНТ –  $3,29 \pm 0,41$  усл. ед. – «умеренного функционального напряжения» (ПАРС = 3) и для этапа за 3 дня до ЕНТ – «оптимального функционального напряжения» (ПАРС = 2) систем регуляции. У девочек оценка уровня функционального напряжения по ПАРС: для этапа за 25 дней до ЕНТ –  $3,89 \pm 0,20$  усл. ед. соответствует состоянию «выраженного функционального напряжения», для этапа за 10 дней до ЕНТ –  $4,98 \pm 0,21$  усл. ед. соответствует состоянию «резко выраженного функционального напряжения» (ПАРС = 5) и для этапа за 3 дня до ЕНТ – состояние «умеренного напряжения систем регуляции».

Корреляционный анализ показал (рис. 2), что основными факторами, влияющими на показатели функционального состояния организма, являются ИФС и АП (вклад в общую дисперсию которых составлял 15,0 и 11,9% соответственно). Следующим по значимости следует временной фактор – срок до ЕНТ (10,5%). На четвертом месте стояла успеваемость (9,1%).

Оценивая знаковые значения полученных коэффициентов корреляции (рис. 3), выявляется определённая зависимость: у факторов, характеризующих уровень физического состояния и адаптивные ресурсы организма, отмечаются преимущественно линейные корреляционные зависимости (по 6 линейных коэффициентов против 5 и 2, соответственно, нелинейных), свидетельствующие, что уровень функционального напряжения в большинстве напрямую зависит от уровня данных показателей. У фактора, характеризующего уровень подготовленности школьника (успеваемость), отмечаются преимущественно нелинейные зависимости (8 нелинейных против 4-х линейных коэффициентов), свидетельствующие о менее активном прямом воздействии данного фактора, где речь идет скорее о комбинированном и сочетанном влиянии дополнительных, сопутствующих факторов, выявление которых возможно с помощью более сложных математических методов.

Для выявления влияния статических и динамических факторов на результативность ЕНТ был использован принцип неуправляемого пассивного эксперимента [9], т. е. такого эксперимента, в котором невозможно задавать определённые значения аргументов X (факторов учебно-производственной среды). Пассивный (неуправляемый)

метод получения исходных данных для построения статистических зависимостей сводился к дискретной регистрации изменений аргументов во времени  $X_1, X_2, \dots, X_n$  и соответствующие им изменения функций  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ .

На первом этапе оценивались статические показатели учащихся, такие как возраст, экология (место жительства), успеваемость, ИФС, АП, типологические особенности организма, уровень личностной тревожности. Как показали результаты статистической обработки (табл. 2), роль статических показателей в результативности ЕНТ зависит от пола. Более выражено это влияние проявляется у юношей, где суммарный вклад в общую дисперсию составлял 5,77, в то время как у девушек он составлял 2,63.

Выявлены характерные особенности зависимости между количественными значениями статических показателей и результативностью у различных предметов, входящих в ЕНТ (см. табл. 2). Так, наибольшая зависимость выявлена у казахского языка ( $k = 2,11$ ). Далее шли в порядке убывания математика (1,32), предмет по выбору (1,27), история (1,07). У девушек распределение такое же, как у юношей, за исключением двух: на втором месте – предмет по выбору (0,82), на третьем месте – математика (0,61). Что характерно, на первом месте по наиболее подверженному влиянию статических показателей стоял казахский язык, и это притом, что около 90% обследуемых детей были коренной национальности.

Анализ значений коэффициентов корреляции показал, что у юношей соотношение между линейными и нелинейными коэффициентами было примерно равно 11/13, в то время как у девушек доминировали нелинейные зависимости – 6/12 (см. табл. 2), что говорит о сложном механизме формирования функционального напряжения их организма. Например, у юношей результативность ЕНТ напрямую зависит от успеваемости, в то время как у девушек эта зависимость имела вид S-образной кривой. Следовательно, на результат ЕНТ у девушек оказывали влияние не только успеваемость, но и ряд сопутствующих факторов.

На результативность ЕНТ оказывали существенное влияние и показатели морфофункционального развития юношей, о чём свидетельствуют выявленные корреляционные зависимости между результативностью ЕНТ и ИФС и АП ( $r = 0,46 \div 0,62$ , см. табл. 2). Зато результатив-

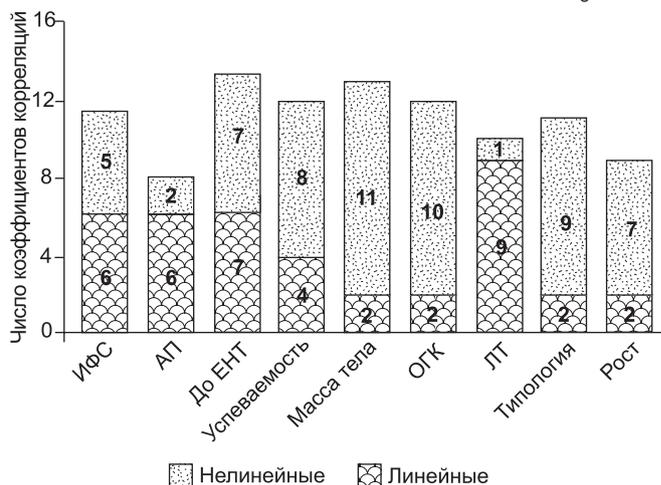


Рис. 3. Соотношение линейных и нелинейных коэффициентов корреляции.

ность у девушек в большей степени зависела от типологических особенностей ( $r = 0,35 \div 0,45$ ). У гуманитарных предметов эти зависимости имели линейный характер ( $r = 0,35 \div 0,36$ ).

Как показали результаты анализа (табл. 3), роль статических показателей на результативность ЕНТ также зависела от пола. У юношей суммарный вклад в общую дисперсию составлял 6,6 (у статических – 5,7), у девушек – 2,68 (2,63) соответственно.

Выявленные характерные особенности зависимости между количественными значениями динамических показателей и результативностью у различным учебным предметам, входящих в ЕНТ (см. табл. 2), имели схожую динамику, что и у статических показателей. Так, наибольшая зависимость выявлена у казахского языка ( $k_3 = 2,31$ ). Далее шли в порядке убывания математика (1,8), предмет по выбору (1,54), история (0,95). В отличие от юношей у девушек значительных различий не отмечалось. У казахского языка, предмета по выбору и истории значения  $k_n$  колебались в диапазоне 0,66  $\div$  0,79, несколько меньшее значение имел предмет математики (0,51).

Таблица 2

#### Корреляционная зависимость между статическими показателями и конечным результатом ЕНТ по предметам

Статический показатель	Мальчики				Девочки			
	История	Математика	Казахский язык	Предмет по выбору	История	Математика	Казахский язык	Предмет по выбору
	n1	n2	n3	n4	n1	n2	n3	n4
Возраст	–	0,61	0,73	–	-0,32	0,47	–	-0,35
Место жительства	0,40	-0,43	0,45	–	–	–	0,50	–
Успеваемость	0,46	0,52	0,62	0,52	0,30	0,31	0,46	0,39
ИФС	0,37	0,41	0,42	0,45	–	–	0,32	–
АП	-0,38	0,42	0,39	-0,47	-	-	0,32	-
Типология	0,42	0,38	–	–	0,35	0,43	0,36	0,45
Устойчивость	–	–	0,72	0,63	–	–	–	0,39
Личностная тревожность	0,49	–	0,38	0,42	–	-0,33	-0,31	0,44
kn	1,07	1,32	2,11	1,27	0,31	0,61	0,89	0,82
Суммарное kn	5,77				2,63			

Примечание. Здесь и в табл. 3: указаны только достоверные коэффициенты корреляции ( $p < 0,05$ ); светлые ячейки – коэффициент линейной корреляции; тёмные – коэффициент нелинейной корреляции.

Корреляционная зависимость между динамическими показателями и конечным результатом ЕНТ по различным учебным предметам

Динамический показатель	Мальчики				Девочки			
	История	Математика	Казахский язык	Предмет по выбору	История	Математика	Казахский язык	Предмет по выбору
	n1	n2	n3	n4	n1	n2	n3	n4
<b>(ПЭА):</b>								
РТ	–	0,45	0,41	0,47	–	–	0,31	0,37
самочувствие	–	0,41	–	0,36	–	–	–	–
активность	–	–	–	0,44	0,36	0,32	0,30	0,31
настроение	0,43	0,48	0,36	0,40	–	–	–	0,29
<b>ЦНС:</b>								
ЗМР	–	0,50	0,61	–	–	–	–	–
СМР	–	–	0,53	–	0,38	0,30	–	–
числа	0,36	–	–	–	0,35	–	–	–
индекс внимания	–	–	0,35	–	–	–	0,42	0,31
<b>ССС:</b>								
САД	–0,38	–0,39	–0,39	–0,49	–	–	–	–
ДАД	–0,70	–0,71	–0,72	–0,77	0,30	0,33	0,45	0,36
ЧСС	–	0,37	0,46	–	–	–0,35	–0,31	0,28
индекс Руфье	–	0,39	0,40	–	–	–	–	–
индекс напряжения	–	–	0,44	–	0,42	0,30	0,36	0,32
kp	0,95	1,80	2,31	1,54	0,66	0,51	0,79	0,72
Суммарное kp	6,6				2,68			

Существенных различий в соотношении линейных и нелинейных зависимостей не выявлено, хотя у юношей отмечается преобладание общего числа коэффициентов корреляций по сравнению с девушками – 28/23 соответственно (см. табл. 3). Следовательно, у юношей уровень функционального напряжения отражался на результативности ЕНТ более выражено. Об этом свидетельствуют и общее число корреляционных связей попредметно: у юношей приоритетным предметом являлся казахский язык (общее число достоверных корреляционных связей 10), затем шли математика (8), предмет специальности (6) и история (4). У девушек размах колебаний числа корреляционных зависимостей был незначительным – 5÷7.

Анализ посистемного вклада влияния уровня функционального напряжения различных систем на результативность показал, что на первом месте стоит ССС (у юношей число достоверных корреляционных связей составило 13, у девушек – 11), на втором месте ПЭА (НЭА – 10 и 7) и на третьем – ЦНС (5 и 5, рис.4). Полученные данные о приоритетной роли ССС согласуются с утверждением

академика В.В. Парина, о том, что система кровообращения наиболее ответственная за адаптацию организма к большому числу разнообразных факторов внешней среды. В большинстве случаев её можно рассматривать как индикатор адаптационных реакций целостного организма [2]. Неблагоприятное воздействие средовых факторов (в нашем примере – процесс подготовки и сдачи ЕНТ) при достаточном функциональном резерве не вызывает нарушения миокардиально-гемодинамического гомеостаза, а лишь ведёт к некоторому смещению значений физиологических показателей в пределах общепринятого диапазона норм [2].

В ССС (рис. 5) у юношей преобладали линейные корреляционные зависимости (8/5), в то время как у девушек – нелинейные (3/8). В психоэмоциональной активности у юношей доминировали нелинейные (0/10), у девушек отмечалось примерно равное соотношение (3/4). У ЦНС, в несколько меньшей мере, по сравнению с остальными системами, доминировали нелинейные зависимости (1/4 – у юношей и 0/5 – у девушек). Следовательно, на сердеч-

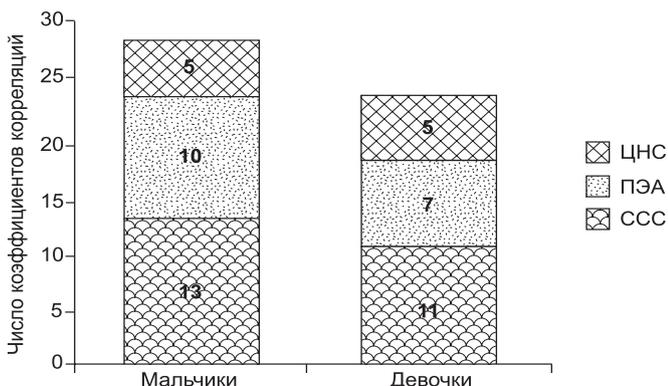


Рис. 4. Посистемный вклад влияния функционального напряжения на результативность ЕНТ.

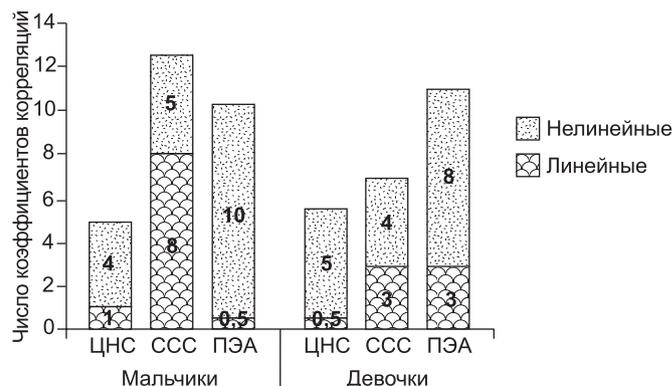


Рис. 5. Соотношение линейных и нелинейных коэффициентов корреляций по системам.

но-сосудистую систему процесс подготовки и сдачи ЕНТ у юношей оказывал прямое воздействие, в то время как у девушек дополнительно оказывали ряд других неучтенных факторов. Психоэмоциональная активность у юношей также подвержена влиянию ряда дополнительных неучтенных факторов.

Таким образом, экзамен требует перестройки адаптивных механизмов организма, здесь наблюдается вся гамма физиологических, вегетативных, соматических и психологических проявлений стресса. Анализ представленных статистических показателей в совокупности позволил выявить значительные в достоверном плане различия в уровне функционального напряжения организма одаренных школьников в процессе подготовки и сдачи ЕНТ.

## Выводы

1. В процессе подготовки к ЕНТ у школьников улучшались показатели, характеризующие деятельность ЦНС при снижении аналитических способностей и внимания, снижался уровень работоспособности. У девочек эти проявления отмечались более выражено. Наиболее благоприятные этапы в плане психофизиологического напряжения организма были для мальчиков на этапе за 3 дня до начала ЕНТ, для девочек – за 10 дней до ЕНТ.

2. Уровень функционального напряжения организма школьников зависит от уровня подготовленности (успеваемости), а на результативность ЕНТ оказывают существенное влияние как статические (возраст, экология, успеваемость, морфофункциональные показатели, типологические особенности учащихся, ЛТ), так и динамические показатели (уровень функционального напряжения ССС, ЦНС и ПЭА) показатели. У юношей эта зависимость была более выражена.

3. Подготовительный процесс к ЕНТ вызывает высокое нервно-эмоциональное напряжение организма школьников, которое обусловлено преимущественно за счёт усиления внутрисистемного взаимодействия и активизации отдельных систем организма, преимущественно ССС.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.  
**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература

1. Апанасенко Г.Л., Науменко Р.Г. Соматическое здоровье и максимальная аэробная способность индивида. В кн.: *Теория и практика физической культуры*. 1988, 4: 29-31.
2. Баевский Р.М., Берсенева А.П. *Введение в донозологическую диагностику*. М.: Фирма «Слово»; 2008: 220 с.
3. Вдовин В.М., Суркова Л.Е., Валентинов В.А. *Теория систем и системный анализ М.*: Дашков и К°; 2010. 640 с.
4. Геворкян, Э.С., Минасян С.М., Абрамян Э.Т. Уровень электролитов и оксида азота в слюне студентов при умственно-эмоциональном напряжении. *Гигиена и санитария*. 2014; 4: 81-85.

5. Китаев-Смык Л.А. *Психология стресса. Психологическая антропология стресса*. М.: Академический проект; 2009.
6. Лакин Г.Ф. *Биометрия*. Учебное пособие для биол. спец. вузов, 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Высшая школа, 1990.
7. Пирогова Е.А., Ивашенко Л.А., Страпко Н.П. *Влияние физических упражнений на работоспособность и здоровье человека*. Киев: Здоров'я; 1986. 152 с.
8. Смагулов Н.К., Голобородько Е.А. Математическая оценка влияния неблагоприятной экологической обстановки на организм подростков. *Вестник Тверского государственного университета. Серия: биология и экология*. 2009; 15: 45-53.
9. Смагулов Н.К., Кулькибаев Г.А. *Оценка и прогнозирование напряженности труда операторов*. Алматы: Гылым; 1993. 129 с.
10. Судаков К.В., Умрюхин П.Е. *Системные основы эмоционального стресса*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2010. 112 с.
11. Тихвинский С.Б., Хрущев С.В. *Детская спортивная медицина. Руководство для врачей*. М.: Медицина; 1991. 560с.
12. Шапарь В.Б. *Психология кризисных ситуаций*. Ростов н/Д: Феникс; 2008. 452с.

## References

1. Apanasenko G.L., Naumenko R.G. Physical Health and Maximal Aerobic Capacity of the Individual. In: *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 1988, 4: 29-31. (in Russian).
2. Baevskij R.M., Berseneva A.P. *Introduction to prenosological diagnostics*. М.: Фирма «Слово»; 2008. (in Russian).
3. Vdovin V.M., Surkova L.E., Valentinov V.A. *Systems theory and system analysis*. М.: Dashkov i K°; 2010. (in Russian).
4. Gevorkjan Je.S., Minasjan S.M., Abraamjan Je.T. The levels of electrolytes and nitric oxide in saliva of students under mental-emotional exertion. *Gigiena i sanitarija*. 2014; 4: 81-85. (in Russian).
5. Kitaev-Smyk L.A. *The Psychology of Stress: Psychological Anthropology of stress*. М.: Akademicheskij projekt; 2009. (in Russian).
6. Lakin G.F. *Biometriya*. Uchebnoe posobie dlya biol. spets. vuzov, 4-e izd., pererab. i dop.- М.: Vysshaya shkola, 1990. (in Russian).
7. Pirogova E.A., Ivashhenko L.A., Strapko N.P. *The impact of physical exercise on working capacity and human health*. Kiev: Zdorov'ja. 1986. (in Russian).
8. Smagulov N.K., Goloborod'ko E.A. A mathematical evaluation of the impact of adverse ecological conditions on the organism of teenagers. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: biologiya i jekologija*. 2009; 15: 45-53. (in Russian).
9. Smagulov N.K., Kulkybaev G.A. *Evaluation and forecasting of the labor intensity of the operators*. Almaty: Gylym; 1993. (in Russian).
10. Sudakov K.V., Umrjuhin P.E. *Systemic bases of emotional stress*. М.: GJeOTAR-Media; 2010. (in Russian).
11. Tihvinskij S.B., Hrushhev S.V. *Pediatric sports medicine. Rukovodstvo dlja vrachej*. М.: Medicina; 1991. (in Russian).
12. Shapar' V.B. *The psychology of crisis situations*. Rostov n/D: Feniks; 2008. (in Russian).