

УДК 612.821:612.1

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Смагулов Н.К., Адилбекова А.М., Сабиден Г.С.**

*ГКП на ПХВ «Карагандинский государственный медицинский университет» МЗСР РК, Караганда, e-mail: msmagulov@yandex.ru*

Специфика вузовского обучения – это сложный многоуровневый педагогический, психологический, физиологический, гигиенический и социальный комплексный процесс, определяющий здоровье и успешность обучения студентов. Необходимо с использованием различных математических методов исследования выявить те критические условия, которые создают психоэмоциональное перенапряжение человека. Работа посвящена математической оценке функционального напряжения организма студентов-медиков в процессе образовательной деятельности. Объектом исследования явились студенты Карагандинского медицинского университета. В работе использованы физиологические и психометрические исследования. Статистическая обработка проводилась с помощью пакета специальных статистических программ. В процессе работы выявлены существенные различия в адаптации студентов к образовательной деятельности в зависимости от пола. Основными факторами, влияющими на уровень функционального состояния организма, является индекс физического состояния, адаптационный потенциал, фактор «время», характеризующий уровень функционирования систем организма в динамике учебного дня. Высокая активность функциональных систем организма студентов в большей степени проявлялась нелинейными реакциями физиологических показателей, что свидетельствует о менее активном прямом воздействии конкретного фактора, скорее речь идет о комбинированном и сочетанном влиянии дополнительных, сопутствующих факторов. Проведенный в дальнейшем многофакторный регрессионный анализ полученных результатов физиологических исследований позволил описать выявленные корреляционные зависимости в виде уравнений регрессий.

Ключевые слова: математическая оценка, функциональное напряжение, адаптация, студенты-медики.

## **MATHEMATICAL EVALUATION OF THE FUNCTIONAL TENSION OF MEDICAL STUDENTS' ORGANISMS IN ADAPTING TO EDUCATIONAL ACTIVITIES**

**Smagulov N.K., Adilbekova A.A., Sabiden G.S.**

*Karaganda State Medical University, Karaganda, e-mail: msmagulov@yandex.ru*

The specificity of university education is a complicated multi-level pedagogical, psychological, physiological, hygienic and social complex process that determines the health and success of students' learning. Using different mathematical methods of research it is necessary to identify those critical conditions that create human psycho-emotional overstrain. The work is devoted to the mathematical evaluation of the functional tension of medical students' organisms in the process of educational activity. Students of the Karaganda Medical University were the object of the research. Physiological and psychometric studies were used in the work. Statistical analysis was performed using the package of special statistical programs. During the work significant differences in the adaptation of students to the educational activities depending on their gender were revealed. The main factors influencing the level of the functional state of the organism are the index of the physical condition, adaptive capacity, "time" factor, which characterizes the level of functioning of the body's systems in the dynamics of the school day. High activity of the functional systems of students' organisms was more pronounced by nonlinear reactions of physiological parameters, which indicates less active direct effect of a particular factor; it is rather a combination and combined effects of additional, related factors. The multifactorial regression analysis of the obtained results of physiological studies that were further held allowed describing the identified correlation dependences in the form of regression equations.

Keywords: mathematical evaluation, functional tension, adaptation, medical students'.

Специфика вузовского обучения приводит к тому, что студент оказывается в новых социальных и психофизиологических условиях, а часто и в новой климатической среде. К комплексу новых факторов неизбежно подключаются сложные механизмы адаптации

организма. В данном случае – это сложный многоуровневый педагогический, психологический, физиологический, гигиенический и социальный комплексный процесс, определяющий здоровье и успешность обучения студентов [1]. Необходимо выявить те критические условия, которые создают психоэмоциональное перенапряжение человека, а также оптимальный режим деятельности. В этом случае необходимо использование различных математических методов исследования, которые позволяют выбрать наиболее информативный комплекс психофизиологических показателей, уменьшить случайную составляющую и оценить степень связи выделенных параметров с характеристиками жизнедеятельности человека, наметить пути повышения эффективности труда [2].

**Цель работы** – дать математическую оценку функционального напряжения организма студентов-медиков в процессе обучения.

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследования явились студенты Карагандинского государственного медицинского университета. Всего обследовано 82 студента.

Физиологические и психометрические исследования включали: 1) измерение роста, массы тела, вычисление индексов массы тела (ИМТ) и физического состояния (ИФС); 2) определение личностной (ЛТ) и реактивной (РТ) тревожности (по методике Ч.Д. Спилбергера, Ю.Л. Ханина); 3) субъективная оценка с помощью теста САН самочувствия, активности и настроения; 4) измерение систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления, частоты пульса (ЧП), подсчет индекса Руфье – Диксона; 5) математический анализ сердечного ритма по Р.М. Баевскому; 6) измерение показателей функционального состояния умственной работоспособности (корректирующая таблица В.Я. Анфимова) с вычислением количества просмотренных (КПЗ) и найденных (КНЗ) знаков, число допущенных ошибок.

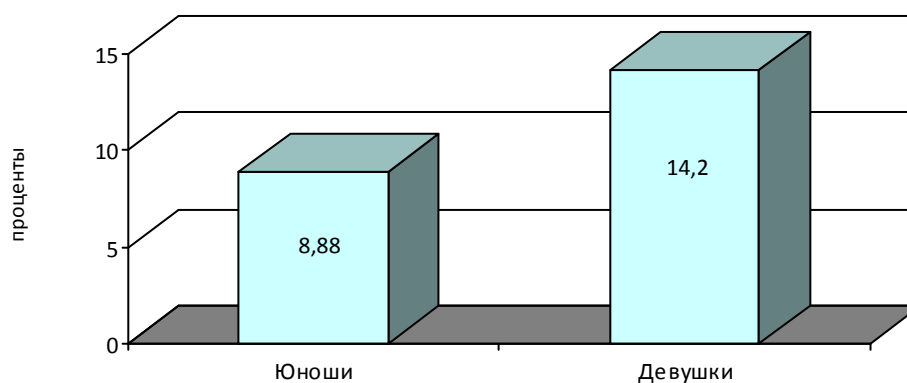
Статистическая обработка проводилась с помощью пакета программ Statistica 6. Для нахождения более адекватных корреляционных зависимостей были использованы интегральные уравнения, выражающие тенденции в виде полиномов третьей степени, позволяющие находить S-образные зависимости с двумя и более перегибами [3].

Доля влияния входных факторов (возраст, курс, ЛТ, ИМТ и т.д.) на физиологические показатели оценивались по методике [4]. Полученные коэффициенты парной корреляции оценивались на статистическую значимость (достоверными считались коэффициенты корреляции при  $P < 0.05$ ).

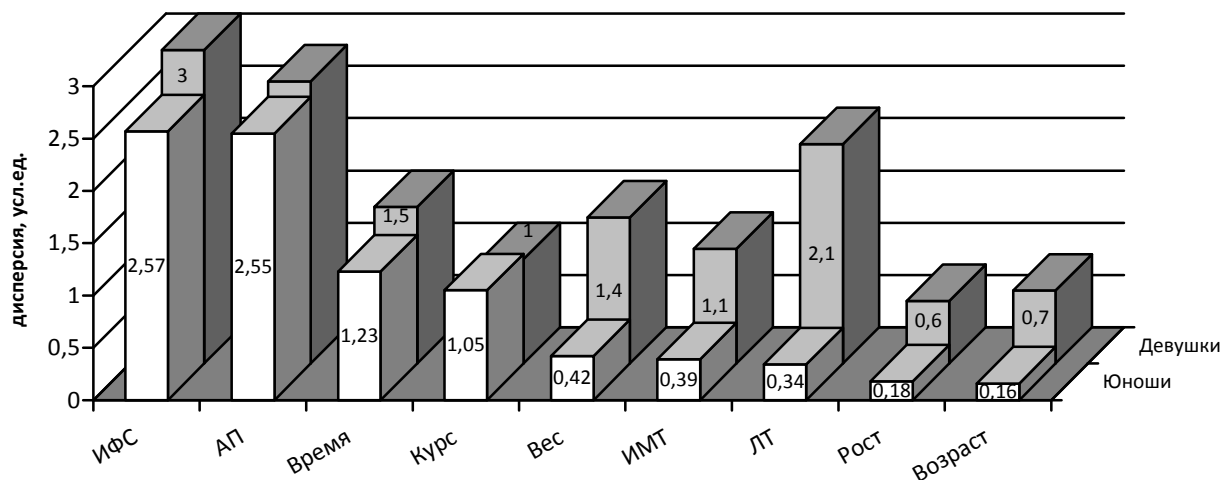
### **Результаты и их обсуждение**

Как показал анализ результатов, выявлены существенные различия в адаптации студентов к образовательной деятельности в зависимости от пола. Об этом свидетельствует

вклад комплекса факторов в общую дисперсию наблюдаемых факторов (ее весомость). А поскольку, общая дисперсия есть сумма квадратов коэффициентов корреляций между аргументами (воздействующими факторами) и наблюдаемыми функциями (физиологическими показателями), это и есть своеобразная величина, определяющая весомость комплексного воздействия факторов, их значимость в формировании уровня функционального напряжения организма. У юношей общая дисперсия составляла 8,88 и девушек 14,2 усл. ед. (рисунок 1). Несмотря на выраженное отличие по вкладам комплекса факторов в общую дисперсию у юношей и девушек, существенных различий в зависимости от половой принадлежности во вкладе каждого фактора не выявлено. Так, корреляционный анализ показал (рис. 2), что основным фактором, влияющим на уровень функционального состояния организма, у студентов является индекс физического состояния, дисперсия которого составляла у юношей – 2,57 усл. ед., у девушек – 3,0 усл. ед. Следовательно, у студентов уровень функционального напряжения в процессе обучения в большей степени обусловлен физическим компонентом.



*Рис.1. Показатель общей дисперсии в зависимости от пола студентов*



*Рис. 2. Абсолютные значения дисперсии факторов и процент вклада каждого из них в общую дисперсию в зависимости от пола студентов*

Вторым по значимости был фактор – адаптационный потенциал (2,55 и 2,7 усл. ед., соответственно). Это свидетельствует, что у студентов, после физического компонента, уровень функционирования организма и отдельных его систем обусловлен степенью адаптированности к среде обитания, в том числе и к образовательной среде, т.е. учебному процессу. На третьем месте выступает фактор – «время», характеризующий уровень функционирования систем организма в динамике учебного дня (1,23 и 1,5 усл. ед.). Далее шел фактор «курс», характеризующий продолжительность обучения студентов в вузе (1,05 и 1,0 усл. ед.).

У остальных факторов дисперсия была ниже единицы, вследствие чего статистическая значимость данных факторов существенно снижалась, за исключением фактора личностная тревожность (ЛТ). Здесь отмечались существенные различия во вкладе данного фактора в общую дисперсию в зависимости от половой принадлежности. Так, если у юношей дисперсия составляла 0,63 усл. ед., то у девушек она составляла 2,1 усл. ед. и выходила третьим в градации факторов по значимости их вклада. А поскольку под личностной тревожностью понимается устойчивая склонность воспринимать большой круг ситуаций (в том числе и учебный процесс) как угрожающие, то девушки выраженнее реагируют на такие ситуации состоянием тревоги, чем юноши.

В таблице 1 представлены корреляционные зависимости между воздействующими факторами (аргументами) и ответной реакцией организма в виде изменений отдельных

физиологических показателей (функцией).

Таблица 1

Корреляционная зависимость между физиологическими показателями  
и входными факторами

Юноши	ИФС	АП	Время	Курс	Вес	ИМТ	ЛТ	Рост	Возраст
Юноши									
Реактивная тревожность	<u>0,33</u>		<u>0,49</u>	<u>0,6</u>	<u>0,31</u>		0,42	0,31	
Самочувствие			<u>0,3</u>				<u>0,4</u>		
Активность			0,3	<u>0,31</u>	<u>0,35</u>				
Настроение			0,39	<u>0,43</u>					
КПЗ		<u>0,29</u>	<u>0,43</u>	0,33		<u>0,29</u>			
КНЗ			<u>0,45</u>	0,32					<u>0,29</u>
Число ошибок	<u>0,39</u>	0,39	<u>0,29</u>						
Индекс внимания		<u>0,29</u>	<u>0,43</u>	0,33		<u>0,29</u>			
САД	<u>0,68</u>	0,87							
ДАД	<u>0,69</u>	0,86			0,3	0,31			
ЧП	<u>0,87</u>	0,57				<u>0,35</u>			
Индекс Руфье	<u>0,29</u>	0,38			<u>0,34</u>			<u>0,29</u>	
CV									<u>0,28</u>
АМo50	<u>0,36</u>								
SI	<u>0,48</u>	<u>0,42</u>							
RHF									
PLF	<u>0,29</u>			<u>0,29</u>					
PVLF	<u>0,29</u>	<u>0,29</u>							
ПАРС									
Девушки									
Реактивная тревожность			<u>0,37</u>	<u>0,52</u>	0,41	0,42	0,58		
Самочувствие			<u>0,28</u>	<u>0,4</u>			<u>0,53</u>		<u>0,3</u>
Активность							<u>0,44</u>		<u>0,28</u>
Настроение	<u>0,28</u>			<u>0,31</u>	<u>0,42</u>	<u>0,49</u>	<u>0,4</u>		
КПЗ	<u>0,32</u>	<u>0,32</u>	<u>0,4</u>	<u>0,29</u>					
КНЗ	<u>0,35</u>	<u>0,37</u>	<u>0,43</u>	<u>0,32</u>					
Число ошибок									
Индекс внимания	<u>0,31</u>	<u>0,32</u>	<u>0,4</u>	<u>0,29</u>					
САД	<u>0,68</u>	0,87			0,4	<u>0,29</u>		<u>0,37</u>	
ДАД	<u>0,69</u>	0,82			0,49	0,4			
ЧП	<u>0,88</u>	0,68	<u>0,3</u>		<u>0,33</u>	0,34	0,45		0,37
Индекс Руфье	<u>0,54</u>	0,46		<u>0,28</u>		0,32	0,51		
CV						<u>0,38</u>			
АМo50	<u>0,37</u>		<u>0,39</u>				0,43		<u>0,39</u>
SI	<u>0,46</u>	0,37				<u>0,29</u>	0,44		<u>0,35</u>
RHF	0,36		<u>0,41</u>	<u>0,29</u>	<u>0,45</u>			<u>0,5</u>	<u>0,29</u>
PLF	<u>0,4</u>	<u>0,31</u>	0,47		0,39		<u>0,31</u>	<u>0,33</u>	<u>0,28</u>
PVLF			<u>0,3</u>		<u>0,28</u>			0,31	
ПАРС			0,29		<u>0,31</u>		0,49		

Примечание: в таблице указаны только достоверные коэффициенты корреляции ( $P < 0,05$ ); 0,38 – коэффициент линейной корреляции; 0,51 – коэффициент нелинейной корреляции (полином 3 степени).

Анализ соотношения полученного числа линейных и нелинейных коэффициентов корреляций показал (рисунок 3), что высокая активность функциональных систем организма студентов в большей степени проявлялась нелинейными реакциями физиологических показателей в ответ на воздействие факторов учебного процесса, о чем свидетельствует преобладание числа нелинейных коэффициентов корреляций над линейными. Причем в количественном отношении превалировали девушки. Отмечающиеся преимущественно нелинейные зависимости свидетельствуют о менее активном прямом воздействии конкретного фактора, скорее речь идет о комбинированном и сочетанном влиянии дополнительных, сопутствующих факторов, выявление которых возможно с помощью более сложных математических методов [5].

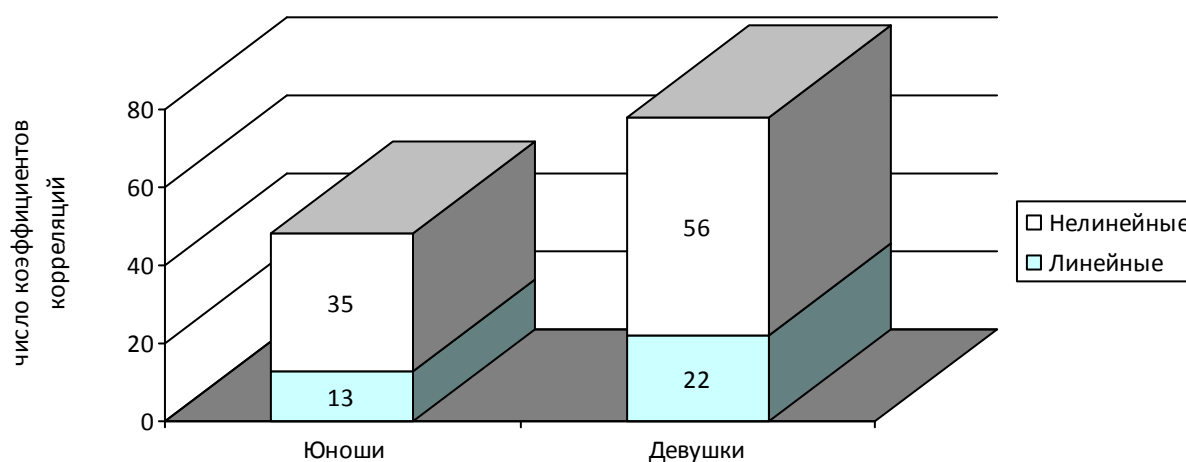


Рис. 3. Соотношение линейных и нелинейных коэффициентов корреляций у студентов

Проведенный в дальнейшем многофакторный регрессионный анализ полученных результатов физиологических исследований позволил описать выявленные корреляционные зависимости в виде уравнений регрессий.

Для юношей ведущими факторами были: коэффициент вариации полного массива кардиоинтервалов (CV), доминирующий период сверх низкочастотного компонента спектра variability сердечного ритма (VLFt), мощность спектра высокочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний – (HF, %), мощность спектра сверх низкочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний (VLF, %). Полученные уравнения регрессии имело вид:

$$Y = 3.85 + 0,647 * CV - 0,25 * TVLF - 0,36 * PHF - 0,67 * PVLF \quad (1)$$

Оценка достоверности полученного уравнения показала высокую ее степень достоверности (коэффициент множественной корреляции = 0,836,  $P < 0.01$ , критерий Фишера  $F = 17,02$ , более 99,9 %).

Для девушек ведущими факторами были: коэффициент вариации полного массива кардиоинтервалов (CV), степень напряжения регуляторных систем (SI – Стресс индекс), мощность спектра высокочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний (HF, %), мощность спектра низкочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний (LF, %). Полученное уравнение регрессии имело вид:

$$Y = -10,0 + 0,533 * CV + 0,377 * SI + 0,808 * PHF + 1,22 * PLF \quad (2)$$

( $r = 0,811$ ,  $F = 9,64$ ,  $P < 0.0017$ , более 99,9%).

В таблице 2 показаны примеры расчета значений интегрального показателя уровня функционального напряжения студентов, в процессе реальной образовательной деятельности. Подставляя значения показателей, входящих в формулу уравнения регрессии, проводя несложные арифметические операции, получаем значение расчетного показателя. Так, при использовании у девушек уравнения 2, если расчетный показатель был меньше 110 усл. ед., то уровень напряженности соответствует норме и оценивается как оптимальный, если в пределах 110–140 усл. ед. – напряжение, и если больше 140 усл. ед., то перенапряжение (неудовлетворительная). Как видно из таблицы 2, полученные количественные значения позволяют количественно оценить напряженность труда студентов в зависимости от исходных значений физиологических показателей и дать его оценку.

Таблица 2

Пример расчета уровня напряженности по уравнению 3 для девушек

ФИО	CV	SI	PHF	PLF	Урасч	Оценка ФС
Те-с Л.	8,89	54,3	36,3	34,2	86,3	Норма
Нед-ва Т.	5,41	146,8	31,7	32,9	114,1	Напряжение
Чун-ва В.	5,69	246,7	13,2	67,9	179,6	Перенапряжение

Таким образом, использование метода многофакторного корреляционно-регрессионного анализа позволило оценить влияние факторов образовательного процесса на организм студентов.

### **Выводы**

1. Использование метода многофакторного корреляционно-регрессионного анализа позволило расчетным методом получить интегральные показатели, характеризующие уровень функционального напряжения организма студентов в процессе образовательной

деятельности.

2. Проведенный линейный и нелинейный корреляционный анализ (полином 3-й степени) позволил выявить как прямые, так и S-образные корреляционные зависимости, а с помощью количественных оценок его внутренних структур выявить скрытые, объективно существующие закономерности.

3. Полученные уравнения регрессии позволяют оперативно оценить и дать прогноз уровня работоспособности студентов, как на момент обследования, так и тех или иных предполагаемых значений.

### Список литературы

1. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье: учебное пособие. – М.: РУДН, 2006. – 284 с.
2. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. – М.: Фирма «Слово», 2008. – 220 с.
3. Смагулов Н.К., Кулкыбаев Г.А. Оценка и прогнозирование напряженности труда операторов. – Караганда: Алматы Ғылым, 1993. – 129 с.
4. Смагулов Н.К., Мухаметжанов А.М. Математическая оценка влияния различных факторов на функциональное напряжение организма военнослужащих // Медицина труда и промэкология. – 2014. – № 11. – С.33-36.
5. Смагулов Н.К., Голобородько Е.А. Математическая оценка влияния экологических факторов на уровень системного взаимодействия в организме школьников // Вестник Тверского государственного университета. – 2009. – № 14. – С.61-70.