

УДК 796.01:61+796.3

ВЗАИМОСВЯЗЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЦНС С ПОЛИМОРФИЗМОМ ГЕНА ПЕРЕНОСЧИКА СЕРОТОНИНА У СПОРТСМЕНОК ИГРОВЫХ ВИДОВ СПОРТА



Гилеп И.Л. (фото), канд. хим. наук, доцент,
 Кучинская О.В.
 (Белорусский государственный университет физической культуры);
 Гайдукевич И.В.
 (Институт биоорганической химии НАН Беларуси)

В статье приводятся результаты исследований по выявлению взаимосвязи показателей функционального состояния ЦНС у спортсменок игровых видов спорта в зависимости от полиморфизма гена транспортера серотонина. Выявлено, что спортсменки, имеющие гомозиготный вариант LL-гена SLC6A4, обладают более стабильной реакцией нервной системы на физическую нагрузку.

Нервно-психическая устойчивость значительно выше, $P < 0,05$, а тревожность и агрессивность значительно ниже, $P < 0,05$, у представительниц LL-генотипа гена SLC6A4 по сравнению с другими полиморфными вариантами данного гена.

Ключевые слова: ЦНС, полиморфизм гена, женщины, игровые виды спорта.

CORRELATION OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE CNS WITH POLYMORPHISM OF THE SEROTONIN CARRIER GENE IN SPORTSWOMEN ENGAGED IN GAME SPORTS

Research results on detection of correlation of the CNS functional state indices in sportswomen engaged in game sports depending on polymorphism of the gene transporter of serotonin are presented in the article. It has been revealed that athletes, having homozygous version of the LL gene SLC6A4, possess a more stable reaction of the nervous system to physical activity.

Mental tolerance is significantly higher, $P < 0,05$, and anxiety and aggression is significantly lower, $P < 0,05$, in representatives of the LL genotype of the gene SLC6A4 in comparison with other polymorphic versions of the given gene.

Keywords: CNS, polymorphism of the gene, women, game sports.

Введение

В основе физиологических механизмов и закономерностей развития двигательных качеств человека лежат особенности протекания физиологических процессов в центральной нервной системе [1].

Игровым видам спорта присущи моторная и психологическая сложность в тренировочно-соревновательной деятельности, что сопряжено с высоким уровнем психоэмоционального напряжения и концентрации внимания [2]. Таким образом, в этих видах спорта важную роль в организации адаптивного ответа играет психофизиологический статус спортсмена.

Непременным атрибутом современных психофизиологических исследований является определение показателей сенсомоторных реакций, выступающих в роли маркеров функционального состояния ЦНС. Время сенсомоторных реакций можно точно количественно измерять. Это высоко валидный тест, который позволяет детально исследовать функциональное состояние ЦНС в динамике [3].

Согласно современным представлениям, серотонинергическая система определяет поведенческие и эмоциональные реакции человека [4, 5]. В серотонинергическую систему входят пресинаптические и постсинаптические рецепторы, ферменты, вовле-

ченные в синтез и деградацию серотонина, переносчик серотонина (5НТТ) [4]. Активность генов, кодирующих эти факторы, связана с эмоциональными проявлениями, скоростью психической утомляемости в ответ на физическую нагрузку, а также с развитием синдрома перетренированности [5].

Ключевым геном серотонинэргической системы является ген переносчика серотонина в *SLC6A4*. Ген *SLC6A4* кодирует Na⁺-Cl⁻-зависимый переносчик, отвечающий за обратный активный транспорт серотонина в пресинаптический нейрон. Ген расположен на 17-й хромосоме в области q11.1-q12. Полиморфизм тандемных повторов HTTLPR влияет на степень экспрессии гена. При коротком промоторном аллеле (S) транспортер серотонина в меньшей степени транскрибируется и, соответственно, в меньшей степени представлен на пресинаптической мембране, чем при длинном (L) аллеле [6]. В настоящее время активно изучается связь данного полиморфизма с развитием таких патологий, как шизофренией, когнитивным дефицитом и деменцией, синдромом хронической усталости, развитием алкоголизма [6–11].

Исследование взаимосвязи работы генов, кодирующих серотонинэргическую систему, с функциональным состоянием нервной системы и ее параметрами является одним из наиболее перспективных направлений исследования в областях спортивной физиологии и генетики.

Цель исследования – анализ показателей функционального состояния ЦНС у спортсменок игровых видов спорта в зависимости от полиморфизма гена транспортера серотонина.

Организация и методы исследования

Собран банк ДНК спортсменов-студентов, специализирующихся в игровых видах спорта таких, как баскетбол, гандбол, волейбол. Исследовали 18 спортсменов, женщин в возрасте от 17 до 20 лет. Спортсмены обладали квалификацией кандидатов в мастера спорта (6 человек), первым взрослым разрядом (12 человек). Определение полиморфизма генов осуществляли методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в лаборатории молекулярной диагностики ИБОХ НАН Беларуси.

Для выявления взаимосвязи полиморфных вариантов исследуемых генов с фенотипическими характеристиками спортсменов определили показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) и провели оценку функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС) и нервно-психической устойчивости (НПУ). Для исследования функционального состояния ЦНС провели тестирование простой и сложной зрительно-моторных реакций, используя методики комплекса «НС-Психотест» (Россия). Оценку

НПУ проводили, используя анкету «Прогноз» для определения стрессоустойчивости. Оценку функционального состояния ЦНС проводили до и после степ-тестовой нагрузки.

Статистический анализ данных осуществляли с помощью программ «IBMSPSSStatistics 20» и «Microsoft Office Excel». Количественные данные представлены в виде медианы значений (Me) и интерквартильного размаха с описанием значений 25 и 75 процентилей: Me (25 %; 75 %). Для сравнения количественных показателей использовали непараметрические критерии: U-критерий Манна-Уитни (при сравнении двух независимых выборок) и H-критерий Краскела-Уоллиса (при сравнении всех групп). Критическое значение уровня значимости принимали равным 0,05.

Основные результаты исследования

Проведенные результаты исследования показали, что показатели простой и сложной зрительно-моторной реакции у спортсменов с квалификацией кандидата в мастера спорта значимо не отличались от спортсменов с I взрослым разрядом, таблица 1. Таким образом, есть возможность анализировать данные спортсменов в одной группе.

Таблица 1. – Показатели простой (ПЗМР) и сложной (СЗМР) зрительно-моторных реакций у спортсменов разной квалификации, n – количество человек, Me (25 %; 75 %)

Квалификация	ПЗМР, мс		СЗМР, мс	
	до	после	до	после
I взрослый	201,7 (195,5; 224,4)	205,9 (195,2; 229,7)	350,1 (336; 368,8)	323,2 (313,7; 363,5)
КМС	205,7 (186,2; 236,2)	229,9 (200,1; 243,3)	344,1 (309,7; 375,5)	324,3 (297,7; 348,0)

Все спортсмены были разделены на три группы в зависимости от имеющегося у них полиморфного варианта гена *SLC6A4LL*, *LS* или *SS*.

Анализ результатов тестирования, представленных в таблице 2, показал, что носители *LL*-генотипа гена *SLC6A4* обладают более экономичной работой сердечно-сосудистой системы, по сравнению со спортсменами, обладающими генотипами *LS* и *SS* того же гена.

Исследование показателей простой и сложной зрительно-моторных реакций между группами значимых изменений не выявил. Однако увеличение простой зрительно-моторной реакции до и после нагрузки в меньшей степени наблюдается у спортсменов, обладающих *LL*-полиморфным вариантом, и составляет 0,5 %, в то время как у носителей *LS* и *SS* генотипов данные увеличиваются на 4,6 % и 3,4 % соответственно (таблица 3). Эти изменения свидетельствуют о более стабильной реакции нервной системы у носителей гомозиготного варианта *LL*-гена *SLC6A4* на физическую нагрузку. Время

сложной зрительно-моторной реакции, представленной реакцией выбора, где необходим анализ в решении задачи, у всех спортсменов игровых видов спорта уменьшается. Снижение данного показателя в большей степени наблюдается у спортсменов, имеющих в своем генотипе L-аллель, таблица 3. Так, уменьшение у представителей LL, LS и SS-генотипов составило 7,6 %, 7,4 % и 5,8 % соответственно. Таким образом, обладатели L-аллеля гена *SLC6A4* способны лучше мобилизовать обработку информации центральной нервной системой в ответ на физическую нагрузку.

Таблица 2. – Показатели работы ССС до и после физической нагрузки в зависимости от полиморфных вариантов гена *SLC6A4*, n – количество человек, Me (25 %;75 %)

Показатели	Состояние	Варианты гена SLC6A4		
		LL (n=4)	LS (n=10)	SS (n=4)
ЧСС, уд/мин	до	71,0 (60,3;75,0)	71,0 (54,3;76,3)	76,0 (60,0;82,3)
	после	135,0 (127,5;138,0)	141,0 (118,5;159,0)	144,0 (139,5;157,5)
САД, мм рт. ст.	до	120 (112,5; 120,0)	120 (117,5; 120,0)	115 (106,3;120,0)
	после	150 (142,5; 157,5)	155 (137,5; 160,0)	140 (140,0; 147,0)
ДАД, мм рт. ст.	до	75,0 (70,0; 80,0)	80,0 (70,0; 82,5)	72,5 (62,5; 78,8)
	после	75,0 (70,0; 80,0)	80,0 (70,0; 80)	70,0 (70,0; 77,5)
ПД, мм рт. ст.	до	40,0 (40,0; 47,5)	40,0 (40,0; 42,5)	42,5 (36,3; 48,8)
	после	80,0 (65,0; 80,0)	75,0 (67,5; 90,0)	70,0 (62,5; 77,5)

Примечания: жирным шрифтом выделены значимые различия между показателями до и после нагрузки в группах по U-критерию Манна-Уитни, P<0,05.

Таблица 3. – Показатели простой (ПЗМР) и сложной (СЗМР) зрительно-моторных реакций и их коэффициенты точности Уиппла (КТ) в зависимости от полиморфных вариантов гена *SLC6A4*, n – количество человек, Me (25 %;75 %)

Показатели	Состояние	Варианты гена SLC6A4		
		LL (n=4)	LS (n=10)	SS (n=4)
ПЗМР, мс	до	214,1 (198,4; 224,2)	198,6 (185,9; 227,1)	205,7 (190,6; 237,2)
	после	215,3 (195,9; 236,9)	207,5 (196,1; 238,1)	212,7 (196,4; 246,4)
КТ ПЗМР	до	0,95 (0,85; 1,00)	0,95 (0,92; 0,99)	0,96 (0,70; 1,00)
	после	0,98 (0,95; 1,00)	0,96 (0,92; 0,97)	0,97 (0,96; 0,98)
СЗМР, мс	до	335,0 (299,1; 365,1)	357,2 (337,3; 376,4)	344,1 (320,5; 492,1)
	после	309,7 (292,8; 333,7)	330,8 (318,3; 369,2)	324,3 (313,8; 391,4)
КТ СЗМР	до	0,93 (0,84; 0,96)	0,90 (0,83; 0,97)	0,92 (0,91; 0,94)
	после	0,98 (0,95; 1,00)	0,90 (0,79; 0,96)	0,94 (0,87; 0,96)

Необходимо отметить, что нервно-психическая устойчивость, определяемая тестированием, значимо выше, P<0,05, у представителей LL-генотипа гена *SLC6A4* по сравнению с другими полиморфными вариантами этого гена (таблица 4).

Таблица 4. – Значения критериев оценки функционального состояния центральной нервной системы и нервно-психической устойчивости (НПУ) в зависимости от полиморфных вариантов гена *SLC6A4*, n – количество человек, Me (25 %;75 %)

Показатели	Состояние	Варианты гена SLC6A4		
		LL (n=4)	LS (n=10)	SS (n=4)
Функциональный уровень системы	до	4,85 (4,64; 5,43)	4,77 (4,17; 4,99)	5,0 (4,41; 5,94)
	после	4,85 (4,43; 5,09)	4,7 (4,3; 4,89)	4,85 (4,0; 5,48)
Устойчивость реакции	до	2,35 (2,20; 2,35)	2,01 (1,47; 2,45)	2,39 (1,84; 3,21)
	после	2,30 (1,64; 2,66)	1,97 (1,65; 2,43)	2,44 (1,28; 2,82)
Уровень функциональных возможностей	до	4,10 (3,91; 4,21)	3,76 (3,09; 4,16)	4,06 (3,48; 4,96)
	после	4,01 (3,21; 4,27)	3,65 (3,37; 4,16)	4,09 (2,82; 4,54)
НПУ	до	16,5 (12,8; 20,3)	28,0 (20,5; 32,0)	25,5 (18,0; 38,3)

Примечания: жирным шрифтом выделены значимые различия между группами по U-критерию Манна-Уитни, P<0,05.

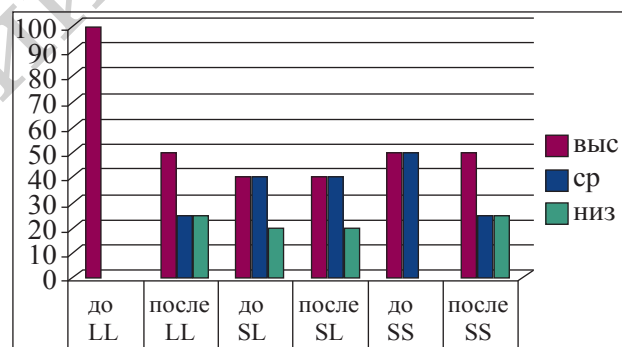


Рисунок 1. – Уровни функциональных возможностей (УФВ) спортсменов в зависимости от полиморфных вариантов гена *SLC6A4*

Сравнение уровней функциональных возможностей спортсменов в трех группах показало, что спортсмены, имеющие L-аллель гена *SLC6A4*, чаще обладают высоким УФВ, что можно рассматривать, как критерий устойчивости ЦНС.

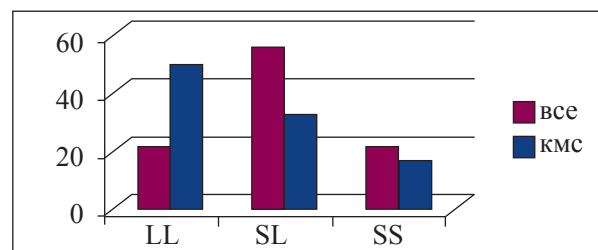


Рисунок 2. – Частота встречаемости полиморфных вариантов гена *SLC6A4* в группе спортсменов и среди КМС

Анализ частот встречаемости полиморфных вариантов гена *SLC6A4* показал, что с ростом спортивного мастерства обладателей LL-генотипа и L-аллеля увеличивается, что, по-видимому, связано с благоприятной в игровых видах спорта комбинацией.

В исследовании самооценки психических состояний спортсменам было предложено ответить на тест Азенка, используя программу «НС-Психотест», по которым можно определить уровни таких психических состояний, как тревожность, фрустрация, агрессивность, ригидность. Полученные данные представлены в таблице 5.

Таблица 5. – Значения уровней самооценки психических состояний по тесту Айзенка в зависимости от полиморфных вариантов гена *SLC6A4*

Варианты гена <i>SLC6A4</i>	Уровни тревожности	Уровни фрустрированности	Уровни агрессивности	Уровни ригидности
LL, 1 группа	5,5 (3,025; 7,75)	6,0 (1,5; 8,25)	3,5 (2,25; 6,25)* ²	6,0 (3,0; 11,3)
SL, 2 группа	11,0 (7,3; 13,5)	10,5 (7,5; 14,3)	12,0 (8,75; 14,3)* ¹	11,0 (9,75; 12,0)
SS, 3 группа	7,5 (3,0; 12,0)	6,5 (4,25; 11,0)	10,0 (3,25; 13,8)	9,5 (4,5; 14,8)

Примечания: жирным шрифтом выделены значимые различия между группами по Н-критерию Краскела-Уоллиса, P<0,05;

* обозначены значимые различия между группами по U-критерию Манна-Уитни, P<0,05.

Было выявлено, что тревожность в целом по группе значимо ниже, P<0,05, в группе спортсменок с LL-полиморфным вариантом гена *SLC6A4*, по сравнению с группами обладающими вариантами SL и SS (таблица 5). В целом по группе было показано, что низкий уровень тревожности имело всего 39% опрошенных, однако среди них 43% составляли спортсменки, обладающие LL-полиморфным вариантом гена *SLC6A4* (рисунок 3).

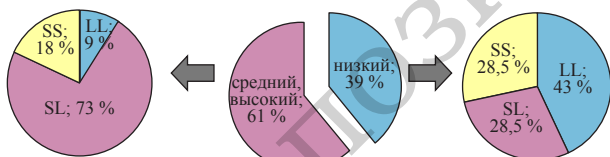


Рисунок 3. – Уровни тревожности у спортсменок в зависимости от полиморфных вариантов гена *SLC6A4*

Было выявлено, что среди спортсменок с LL-генотипом нет людей с высоким уровнем тревожности, что говорит о том, что никто из этой группы опрошенных не переживает эмоциональный дискомфорт, связанный с ожиданием неблагоприятного, с предчувствием опасности, грозящей или кажущейся таковой.

В исследуемой группе спортсменок всего 33% опрошенных обладали низкими значениями фрустрированности, что свидетельствует об устойчивости к неудачам и отсутствию страха трудностей. Частота встречаемости генотипов гена *SLC6A4* в данной группе одинакова для всех трех вариантов и составляет по 33,3% (рисунок 4).

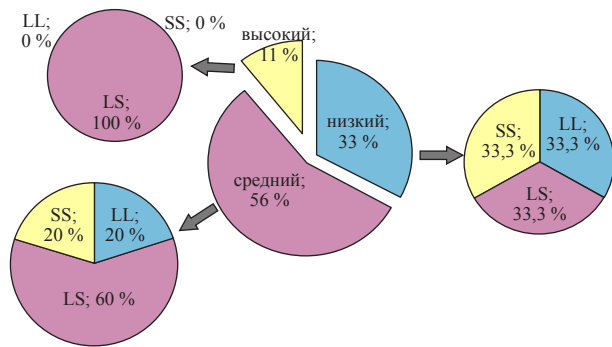


Рисунок 4. – Уровни фрустрированности у спортсменок в зависимости от полиморфных вариантов гена *SLC6A4*

Большее половины опрошенных спортсменок, 56%, имели средний уровень фрустрированности, что говорит о ситуативной устойчивости к неудачам и отсутствию страха трудностей. Большинство составляли спортсменки с гетерозиготным генотипом (60%, рисунок 4).

Частота встречаемости спортсменок с высоким уровнем фрустрированности невысока и составляет 11% от всех обследованных (рисунок 4). Данная группа представлена опрошенными с LS-вариантом гена *SLC6A4*.

Отмечено, что агрессивность в целом по группе значимо ниже, P<0,05, в группе спортсменок с LL-полиморфным вариантом гена *SLC6A4*, по сравнению с группами, обладающими вариантами SL и SS, таблица 5. Все носители LL-генотипа обладали низким уровнем агрессивности, что характеризует их как выдержанных и спокойных людей.

Опрошенные со средним уровнем агрессивности составляли 50% и на 78% состояли из обладателей гетерозиготного генотипа гена *SLC6A4* (рисунок 5). Высоким уровнем агрессивности, что свидетельствует о невыдержанности, трудностях в общении и работе с людьми, демонстрации превосходства в силе по отношению к человеку или иному социальному объекту, обладали всего 11% опрошенных. Все они обладали гетерозиготным вариантом исследуемого гена (рисунок 5).

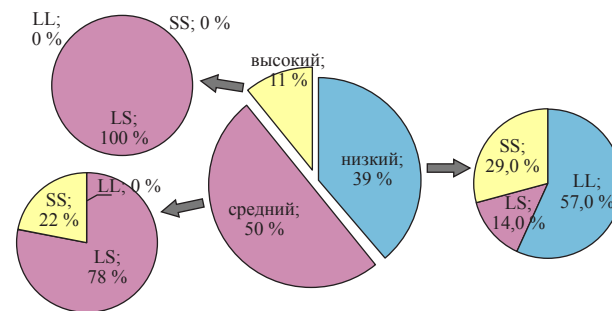


Рисунок 5. – Уровни агрессивности у спортсменок в зависимости от полиморфных вариантов гена *SLC6A4*

В целом по группе большинство спортсменок обладали средним уровнем ригидности, 72% (рисунок 6). Большинство спортсменок с низким уровнем ригидности обладали LL-генотипом гена *SLC6A4* (рисунок 6).

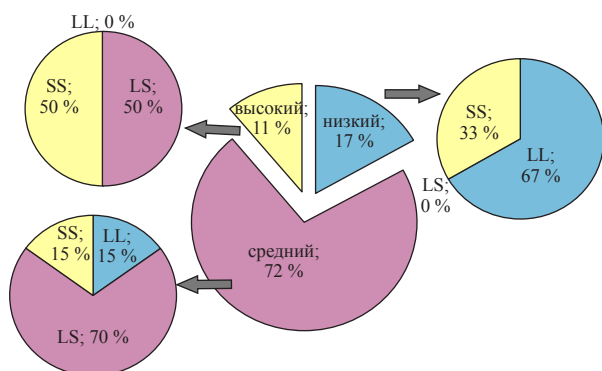


Рисунок 6. – Уровни ригидности у спортсменов в зависимости от полиморфных вариантов гена *SLC6A4*

Заключение

Анализ полученных данных позволил выявить, что носители LL-генотипа гена *SLC6A4* обладают более экономичной работой сердечно-сосудистой системы, по сравнению со спортсменами, обладающими генотипами LS и SS того же гена.

Спортсмены, имеющие гомозиготный вариант LL-гена *SLC6A4*, обладают более стабильной реакцией нервной системы на физическую нагрузку.

Обладатели L-аллеля гена *SLC6A4* способны лучше мобилизовать обработку информации центральной нервной системой в ответ на физическую нагрузку и чаще обладают высоким уровнем функциональных возможностей, что можно рассматривать как критерий устойчивости ЦНС.

Нервно-психическая устойчивость значимо выше, $P < 0,05$, а тревожность и агрессивность значимо ниже, $P < 0,05$, у представителей LL-генотипа гена *SLC6A4* по сравнению с другими полиморфными вариантами данного гена.

С ростом спортивного мастерства частота встречаемости обладателей LL-генотипа и L-аллеля гена *SLC6A4* увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солодков, А. С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб. – М. : Олимпия-пресс, 2005. – 528 с.
2. Матвеев, Л. П. Теория и методика физической культуры : учебник для вузов / Л. П. Матвеев. – М., 2004. – 177 с.
3. Чарыкова, И. А. Анализ особенностей сенсомоторного реагирования в условиях адаптации к физической активности разной направленности / П. А. Чарыкова, Е. А. Стаценко, Н. А. Парамонова // Медицинский журнал. – Минск, 2009. – № 4. – С. 119–121.
4. Тимофеева, М. А. Полиморфизмы генов серотинергической системы – маркеры устойчивости спортсмена к физическим и психическим нагрузкам : дис. ... канд. биол. наук / М. А. Тимофеева. – М., 2009. – 115 с.
5. Ахметов, И. И. Молекулярная генетика спорта / И. И. Ахметов. – Советский спорт. – 2009. – 268 с.
6. Копытов, А. В. Роль генетического полиморфизма транспортера серотонина 5-HTTLPR в прогредиентность алкоголизма у мужчин молодого возраста (в белорусской популяции) / А. В. Копытов, В. Г. Обьедков, И. М. Голоенко // Медицинский журнал. – 2012. – N 1. – С. 118–122.
7. Yaffe, K. Metabolic syndrome and cognitive disorders: is the sum greater than its parts? // Alzheimer Dis. Assoc. Disord. – 2007. – Vol. 21, N 2. – P. 167–171.
8. Association between serotonin transporter gene polymorphism and chronic fatigue syndrome. // Narita M. [et al.] // Biochem Biophys Res Commun. – 2003. – Vol. 311. – N. 2. – P. 264–266.
9. Serotonin transporter gene polymorphisms: Relation with platelet serotonin level in patients with primary Sjogren's syndrome / J. Markeljevic [et al.] // J Neuroimmunol. – 2015. – Vol. 282. – P.104–109., PMID 25903736.
10. Serotonin transporter gene variants in alcoholdependent subjects with dissocial personality disorder / Sander T. [et al.] // Biol. Psychiatry. – 1998. – Vol. 43. – P. 908 – 912.
11. Стояк, В. А. Полиморфизм генов серотонинового обмена у больных алкоголизмом с антисоциальным поведением / В. А. Стояк // Современные проблемы психических расстройств. – Томск, 2010. – С. 102–103.

10.12.2015

XIX ТРАДИЦИОННЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ «ВОСТОК – РОССИЯ – ЗАПАД. ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА, СПОРТ И ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ В XXI ВЕКЕ»

к 70-летию Кузьмина Владимира Андреевича
23–27 декабря 2016 года

Цели симпозиума: обобщение передового опыта и распространение современных взглядов на решение проблем физической культуры, спорта и туризма в международном контексте.

Задачи: развитие интереса к систематическим занятиям физическими упражнениями, организация познавательного отдыха в рамках рекреации и туризма; формирование потребности в самостоятельных занятиях на протяжении всей жизни; формирование в среде учащейся молодежи положительного отношения к физическим упражнениям; выявление наиболее одаренных и талантливых спортсменов, использование их потенциала для решения актуальных проблем спорта и физического воспитания; вовлечение студентов в научно-исследовательскую деятельность.

Научные направления (секции) работы:

1. Теоретические и практические проблемы системы оздоровления учащейся молодежи средствами физической культуры, спорта и туризма.
2. Совершенствование процесса подготовки спортсменов различного квалификационного уровня.
3. Научно-медицинское обеспечение физической культуры, спорта и туризма, научно-методические аспекты оздоровительной и адаптивной физической культуры.
4. Социальные, медико-биологические и психолого-педагогические проблемы реабилитации лиц с ограниченными возможностями.
5. Роль физической культуры, спорта, медицины и правоохранительных органов в профилактике асоциальных проявлений, наркомании и преступности среди молодежи.
6. Современные информационные технологии в физической культуре и спорте.

Адрес: Российская Федерация, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79б

Институт физической культуры, спорта и туризма Сибирского федерального университета.

E-mail: zembaelena@rambler.ru; oksanakazak@rambler.ru