

ОСОБЕННОСТИ АДАПТИВНЫХ РЕАКЦИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СТУДЕНТОВ-СПОРТСМЕНОВ С РАЗЛИЧНОЙ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ И ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИЕЙ

Токаева Л.К.¹, Павленкович С.С.², Паршина С.С.¹, Беспалова Т.А.²

¹ГБОУ ВПО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Министерства здравоохранения Российской Федерации», Саратов, Россия, e-mail: normalf@yandex.ru

²ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского», Саратов, Россия, e-mail: svpavlin@yandex.ru

Изучены адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы студентов-спортсменов с учетом типов вестибулярной устойчивости и вегетативной регуляции. В исследовании принимали участие юноши в возрасте 17-19 лет, специализирующиеся в легкой атлетике и игровых видах спорта, не имеющие высокой спортивной квалификации. Уровень вестибулярной устойчивости юношей определяли с помощью пробы непрерывной кумуляции ускорений Кориолиса. Тип вегетативной регуляции сердечной деятельности оценивали на основании математического анализа сердечного ритма по методу Р.М. Баевского. Выявлено, что специфика спортивной деятельности студентов оказывает влияние на уровень их вестибулярной устойчивости. Установлены индивидуальные особенности состояния регуляторных механизмов системы кровообращения у юношей-спортсменов с различной вестибулярной устойчивостью. Адаптивные реакции сердечно-сосудистой системы студентов-спортсменов на вестибулярные воздействия протекают с различным напряжением регуляторных механизмов: удовлетворительно – у симпатикотоников со средней вестибулярной устойчивостью и ваготоников с высокой вестибулярной устойчивостью, с напряжением адаптационных механизмов – у ваготоников со средней устойчивостью вестибулярной сенсорной системы и симпатикотоников с высокой вестибулярной устойчивостью.

Ключевые слова: студенты-спортсмены, вестибуло-вегетативная устойчивость, сердечно-сосудистая система, тип вегетативной регуляции.

PECULIARITIES OF CARDIOVASCULAR SYSTEM ADAPTIVE REACTIONS OF STUDENT ATHLETES WITH DIFFERENT LEVELS OF VESTIBULAR STABILITY AND CARDIAC AUTONOMIC REGULATION

Tokaeva L.K.¹, Pavlenkovich S.S.², Parshina S.S.¹, Bepalova T.A.²

¹Saratov State Medical University V. I. Razumovsky Health Ministry of Russia, Saratov, Russia

²Saratov State University named after N. G. Chernyshevsky, Saratov, Russia

Modern sports training demands constant improvement of balance function from which, in turn, the functional state of neuromuscular system depends. Sports activities of different kinds stimulate certain adaptive changes in a human body. The goal of the research is to study cardiovascular system adaptive reactions of student athletes with different levels of vestibular stability and cardiac autonomic regulation. The study involved 110 student athletes of the Institute of Sports and Physical Training, Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky, aged 17-19 who don't have high sports qualification. The level of male students' vestibular stability was determined by the test of Coriolis acceleration's cumulative effect. The type of cardiac autonomic regulation was estimated on the basis of the mathematical method for Heart Rate Variability analysis developed by R.M. Baevsky. The obtained results show the high level of vestibular stability of students involved in team sports, and the middle level of athletes. Individual characteristics of cardiovascular regulatory mechanisms of student athletes with different levels of vestibular stability are also presented in the article. It has been revealed that cardiovascular system adaptive reactions of student athletes correlate with a certain degree of tension of regulatory mechanisms: satisfactory for sympathicotoniques with a middle level of vestibular stability and for vagotonics with a high level of vestibular stability; vagotonics with a middle level of vestibular stability and sympathicotoniques with a high level of vestibular stability showed tension of regulatory mechanisms.

Keywords: student athletes, vestibular-vegetal stability, cardiovascular system, type of cardiac autonomic regulation.

Высокий уровень функционального состояния организма спортсменов является потенциальной способностью эффективно приспосабливаться к тренировочным и

соревновательным нагрузкам. Современная спортивная тренировка требует постоянного совершенствования функции равновесия, от которой, в свою очередь, зависит функциональное состояние двигательной системы. Проведение вестибулярной тренировки является эффективным способом повышения вестибулярной устойчивости, выносливости и физической работоспособности спортсменов [9]. Занятия различными видами спорта стимулируют соответствующие адаптационные перестройки в организме [3]. Адаптация организма к различным факторам окружающей среды тесным образом связана с реакциями сердечно-сосудистой системы и ее регуляторных механизмов [2]. При оценке функционального состояния организма спортсменов все более популярным становится анализ вариабельности ритма сердца (ВРС) [6, 10], изменения параметров которого отражают адаптивные возможности регуляторных систем организма и динамику их развития. В связи с этим, оценка функционального состояния организма спортсменов и его адаптивных резервов продолжает оставаться одной из важнейших проблем современной физиологии и медицины.

Цель исследования

Изучение адаптивных реакций сердечно-сосудистой системы студентов-спортсменов с различной вестибулярной устойчивостью и вегетативной регуляцией.

Материал и методы исследования

В исследовании приняли участие 110 юношей-студентов Института физической культуры и спорта Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского в возрасте 17-19 лет, занимающихся легкой атлетикой и игровыми видами спорта. Все обследованные юноши не имели высокой спортивной квалификации. Для выявления признаков вестибулярной дисфункции проводили пробы вертикального и горизонтального письма – «пишущие тесты» [8]. Оценка степени вестибулярной устойчивости юношей осуществлялась с использованием 2-минутной пробы непрерывной кумуляции ускорений Кориолиса (НКУК) по методике Н.Н. Лозанова и И.П. Байченко [5]. Для оценки процессов вегетативной регуляции сердечной деятельности проводили математический анализ сердечного ритма по методу Р.М. Баевского [1] с учетом следующих показателей: моды (M_0), амплитуды моды (AM_0), вариационного размаха динамического ряда R-R интервалов (ΔX), индекса напряжения (ИН), индекса вегетативного равновесия (ИВР), вегетативного показателя ритма (ВПР), показателя адекватности процессов регуляции (ПАПР). Кроме того, изучение вестибуло-вегетативных реакций юношей, возникающих при проведении пробы НКУК, осуществлялось по показателям частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического (САД), диастолического (ДАД) и пульсового артериального давления (ПД), систолического (СО) и минутного объемов (МО) крови, коэффициента выносливости Кваса

(KB), вегетативного индекса Кердо (ВИК) и адаптационного потенциала (АП) [4]. Условия проведения исследования полностью соответствовали этическим требованиям Хельсинкской декларации всемирной медицинской ассоциации (2000). Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программ «Statistica – 6». По каждой группе данных вычислялись среднее значение (M), ошибка среднего (m). Достоверность различий оценивалась по t-критерию Стьюдента при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам функциональной пробы НКУК у студентов-спортсменов показатель вестибулярной устойчивости варьировал в пределах от 3,25 до 5 баллов. В соответствии с методикой Н.Н. Лозанова и И.П. Байченко обследуемые юноши были распределены на 2 группы: с высокой (1 группа) и средней (2 группа) устойчивостью вестибулярной сенсорной системы (ВСС). В 1 группе у юношей игровых видов спорта средние значения вестибулярной устойчивости составили $4,55 \pm 0,04$ балла, а во 2 группе у студентов-легкоатлетов – $3,75 \pm 0,01$ балла.

Анализ результатов «пишущего теста» показал, что у студентов 1 группы средняя величина угла отклонения столбика цифр от линии в пробе вертикального письма составила $9,3 \pm 0,3^{\circ}$, а в пробе горизонтального письма – $2,89 \pm 0,2^{\circ}$. Во 2 группе результаты спортсменов были достоверно выше по сравнению с таковыми лиц 1 группы: $13,5 \pm 0,6^{\circ}$ и $4,96 \pm 0,3^{\circ}$ соответственно ($p < 0,05$). Отметим, что у юношей 1 группы по результатам «пишущего теста» признаки вестибулярной дисфункции не выявлены, тогда как во 2 группе они установлены у 28,1% обследованных в пробе горизонтального письма и у 33,3% лиц в пробе вертикального письма. Результаты наших исследований согласуются с данными, подтверждающими наиболее высокую устойчивость системы равновесия спортсменов игровых видов к вращательным нагрузкам в отличие в лиц, занимающихся видами спорта с преимущественно прямолинейными перемещениями [7].

Проведенный математический анализ сердечного ритма и показателей гемодинамики у юношей-спортсменов с различной вестибулярной устойчивостью выявил индивидуальные особенности состояния регуляторных механизмов системы кровообращения. В связи с этим, на основании анализа базисных показателей ИН, ЧСС, АД и ВИК юноши в каждой группе были распределены на 2 подгруппы по типам вегетативной регуляции: 1 подгруппа – с преобладанием центральных влияний («симпатикотоники»), 2 подгруппа – с преобладанием автономного типа регуляции («ваготоники»). Отметим, что в обеих группах преобладали студенты с ваготоническим типом регуляции.

По данным исследований установлены статистически значимые отличия в показателях сердечного ритма у спортсменов с различной вегетативной регуляцией (табл. 1).

Таблица 1

Средние показатели сердечного ритма студентов-спортсменов с различной вестибулярной устойчивостью и вегетативной регуляцией при проведении пробы НКУК ($M \pm m$)

| Показатели | Этап | Уровень вестибулярной устойчивости | | | |
|--------------|-------|------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| | | средний | | высокий | |
| | | тип вегетативной регуляции | | | |
| | | «симпатикотоники» n=23 | «ваготоники» n=34 | «симпатикотоники» n=16 | «ваготоники» n=37 |
| Мо, с | до | 0,65±0,01 | 0,86±0,01∞ | 0,69±0,01◇ | 0,93±0,01∞Δ |
| | после | 0,82±0,02* | 0,8±0,01* | 0,64±0,01*◇ | 0,77±0,01*∞Δ |
| ΔХ, с | до | 0,23±0,01 | 0,32±0,01∞ | 0,26±0,01◇ | 0,37±0,01∞Δ |
| | после | 0,31±0,01* | 0,28±0,01*∞ | 0,21±0,01*◇ | 0,27±0,01*∞ |
| АМо, % | до | 43,8±0,7 | 30,4±0,2∞ | 42,8±1,5 | 28,2±0,35∞Δ |
| | после | 39,3±0,9* | 27,1±0,4*∞ | 38,4±1,6 | 26,4±1,0∞ |
| ИН, усл.ед | до | 146,6±3,5 | 56,4±1,1∞ | 122,6±3,0◇ | 41,2±1,2∞Δ |
| | после | 77,7±2,8* | 61,9±2,7∞ | 141,6±1,6*◇ | 67,5±5,6*∞Δ |
| ИВР, усл.ед | до | 190,5±4,2 | 97,0±2,3∞ | 168,8±5,7◇ | 76,3±1,7∞Δ |
| | после | 127,2±3,9* | 98,3±3,4∞ | 181,9±1,9*◇ | 102,2±6,9*∞ |
| ВПр, усл.ед | до | 6,8±0,2 | 3,7±0,07∞ | 5,8±0,3◇ | 2,93±0,07∞Δ |
| | после | 3,98±0,2* | 4,6±0,2*∞ | 7,5±0,4*◇ | 5,05±0,2*∞ |
| ПАПР, усл.ед | до | 67,4±1,3 | 35,4±0,4∞ | 62,2±2,4 | 30,4±0,6∞Δ |
| | после | 48,1±1,2* | 34,2±0,7∞ | 59,5±2,5◇ | 34,9±1,9*∞ |

Примечание: * – $p < 0,05$ - сравнивались показатели до и после пробы НКУК; ∞ – $p < 0,05$ – различия достоверны относительно показателей юношей с симпатической регуляцией; ◇ – $p < 0,05$ – различия достоверны относительно показателей юношей с симпатической регуляцией со средней вестибулярной устойчивостью; Δ – $p < 0,05$ – различия достоверны относительно показателей юношей с парасимпатической регуляцией со средней вестибулярной устойчивостью.

Установлено, что юноши с ваготоническим типом регуляции, независимо от уровня вестибулярной устойчивости, характеризовались достоверно высокими значениями Мо, ΔХ и низкими показателями АМо, ИН, ИВР, ВПр и ПАПР в отличие от спортсменов симпатикотонического типа ($p < 0,05$). Однако у юношей ваготонического типа с высокой вестибулярной устойчивостью преобладание парасимпатических влияний над симпатическими и автономный тип регуляции хронотропной функции сердца выражены в большей степени по сравнению с их сверстниками со средней вестибулярной устойчивостью. На этот факт указывают наиболее высокие значения показателей Мо и ΔХ и, напротив, наиболее низкие показатели АМо, ИН, ИВР, ВПр и ПАПР у данного контингента обследуемых ($p < 0,05$). У студентов симпатикотонического типа со средней вестибулярной устойчивостью ИН, равный 146,6±3,5 усл. ед., свидетельствует о напряжении в деятельности центральных механизмов управления сердечным ритмом.

Абсолютные значения гемодинамических показателей у юношей во всех обследуемых группах соответствуют физиологической норме (табл. 2).

Таблица 2

Средние гемодинамические показатели студентов-спортсменов с различной вестибулярной устойчивостью и вегетативной регуляцией при проведении НКУК (M±m)

| Показатели | Этап | Уровень вестибулярной устойчивости | | | |
|------------------|-------|------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
| | | средний | | высокий | |
| | | тип вегетативной регуляции | | | |
| | | «симпатикотоники» n=23 | «ваготоники» n=34 | «симпатикотоники» n=16 | «ваготоники» n=37 |
| ЧСС, уд/мин | до | 78,4±0,7 | 67,7±0,7∞ | 76,1±1,2 | 63,4±0,6∞Δ |
| | после | 67,5±0,8* | 75,6±0,7*∞ | 81,3±1,1*◇ | 70,9±0,6*∞Δ |
| САД, мм.рт.ст | до | 120,3±1,1 | 116,6±1,2∞ | 119,7±1,3 | 113,8±0,9∞ |
| | после | 111,9±1,0* | 128,6±1,3*∞ | 125,6±1,2*◇ | 118,1±0,9*∞Δ |
| ДАД, мм.рт.ст | до | 75,8±0,8 | 74,6±1,0 | 71,3±1,1◇ | 71,7±0,6Δ |
| | после | 78,6±1,0* | 73,0±1,0 ∞ | 73,2±1,8◇ | 70,8±0,6 |
| ПД, мм.рт.ст | до | 44,6±1,1 | 42,1±0,8 | 48,4±1,3◇ | 42,0±0,6∞ |
| | после | 33,3±1,1* | 55,6±1,8*∞ | 52,4±2,1◇ | 47,3±0,9*∞Δ |
| КВ, усл.ед | до | 17,9±0,5 | 16,4±0,4∞ | 16,1±0,6◇ | 15,3±0,3Δ |
| | после | 20,8±0,9* | 14,1±0,6*∞ | 15,8±0,7◇ | 15,3±0,4 |
| ВИК, % | до | 3,1±1,9 | -10,8±2,1∞ | 6,2±1,2 | -13,5±0,9∞ |
| | после | -16,9±2,3* | 3,1±1,7*∞ | 9,8±1,99◇ | -0,25±1,1*∞ |
| СО, мл | до | 66,6±1,6 | 65,5±0,7 | 71,0±1,2◇ | 67,4±0,6∞Δ |
| | после | 59,2±1,5* | 73,2±1,3*∞ | 71,9±1,8◇ | 70,7±0,7* |
| МО, л/мин | до | 5,2±0,2 | 4,4±0,07∞ | 5,4±0,08 | 4,3±0,04∞ |
| | после | 4,0±0,1* | 5,5±0,1*∞ | 5,8±0,2◇ | 5,01±0,05*∞Δ |
| АП, балл | до | 2,2±0,03 | 1,99±0,03∞ | 2,1±0,03◇ | 1,87±0,03∞Δ |
| | после | 1,95±0,03* | 2,23±0,03*∞ | 2,26±0,03*◇ | 2,01±0,01*∞Δ |

Примечание: * – p<0,05 - сравнивались показатели до и после пробы НКУК; ∞ – p<0,05 – различия достоверны относительно показателей юношей с симпатической регуляцией; ◇ – p<0,05 – различия достоверны относительно показателей юношей с симпатической регуляцией со средней вестибулярной устойчивостью; Δ – p<0,05 – различия достоверны относительно показателей юношей с парасимпатической регуляцией со средней вестибулярной устойчивостью.

Тем не менее, у лиц с преобладанием автономных механизмов регуляции более низкие значения ЧСС и САД свидетельствуют об экономичной деятельности сердца по сравнению с аналогичными показателями юношей симпатикотонического типа (p<0,05), особенно в группе с высокой устойчивостью ВСС. Средние значения КВ указывают на достаточные функциональные возможности системы кровообращения у студентов ваготонического типа с высокой устойчивостью ВСС (15,3±0,4 усл. ед.), на удовлетворительные – у обследуемых симпатикотонического типа с высокой устойчивостью ВСС (16,1±0,6 усл. ед.) и спортсменов ваготонического типа со средней устойчивостью ВСС (16,4±0,4 усл. ед) и недостаточные – у юношей симпатикотонического типа со средней устойчивостью ВСС (17,9±0,5 усл. ед). Сравнение СО показало, что у юношей с высокой вестибулярной устойчивостью, независимо от типа вегетативной регуляции, средние значения данного параметра достоверно выше, чем у представителей со средней устойчивостью ВСС (p<0,05). На снижение резервных возможностей ССС лиц симпатикотонического типа указывают достоверно более высокие значения МО по сравнению с аналогичными показателями спортсменов ваготонического

типа ($p < 0,05$). АП в состоянии относительного физиологического покоя говорит об удовлетворительной адаптации к условиям среды у большинства юношей со средней и высокой устойчивостью ВСС и напряжении механизмов адаптации у их сверстников симпатикотонического типа со средней устойчивостью ВСС.

Проведение пробы НКУК у юношей с высокой устойчивостью ВСС с разными типами вегетативной регуляции привело к однонаправленным сдвигам со стороны ССС, что выразалось в снижении влияния со стороны парасимпатического отдела вегетативной нервной системы за счет достоверного уменьшения интервалов R-R и ΔX ($p < 0,05$). Снижение АМо, напротив, говорит об уменьшении влияния со стороны симпатического отдела вегетативной нервной системы ($p < 0,05$). Повышение ИН у юношей данной группы говорит об увеличении центральных механизмов регуляции, а также экономичной работе сердца при раздражении ВСС и благоприятной вариабельности сердечного ритма (табл.1).

Вестибулярное воздействие у спортсменов с различной вестибулярной устойчивостью и разными типами вегетативного управления сердечным ритмом вызывало разнонаправленные сдвиги изучаемых параметров. У юношей ваготонического типа выявлено увеличение центральных механизмов регуляции сердечной деятельности, тогда как у симпатикотоников, напротив, их уменьшение за счет снижения ИН на 47%. Кроме того, отмечено увеличение Мо на 26,1% от базисного, а также снижение АМо на 10,3% и увеличение ΔX на 34,8%, что указывает на уменьшение роли симпатического отдела вегетативной нервной системы ($p < 0,05$). Такой тип реакций ССС указывает на напряженность в деятельности сердца после вестибулярной стимуляции.

Ускорение Кориолиса у большинства обследованных юношей привело к увеличению ЧСС и САД, СО и МО, АП, а у лиц симпатикотонического типа со средней вестибулярной устойчивостью, напротив, к уменьшению ЧСС, САД, ПД, СО, МО, АП и увеличению ДАД и КВ ($p < 0,05$). После вестибулярной стимуляции зафиксировано изменение вегетативного статуса. Так, в группе со средней устойчивостью ВСС у симпатикотоников превалирует ваготония, у ваготоников — симпатикотония, в группе с высокой вестибулярной устойчивостью у всех обследуемых он остался без изменений. Анализ АП показал, что адаптация к изменяющимся условиям среды протекает удовлетворительно у симпатикотоников со средней вестибулярной устойчивостью за счет снижения большинства гемодинамических показателей и ваготоников с высокой вестибулярной устойчивостью (табл. 2). У юношей ваготоников со средней устойчивостью ВСС и симпатикотоников с высокой вестибулярной устойчивостью выявлено напряжение адаптационных механизмов.

Заключение

1. Специфика спортивной деятельности студентов оказывает влияние на уровень вестибулярной устойчивости.
2. Функциональное состояние и адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы студентов-спортсменов определяются уровнем их вестибулярной устойчивости, а также индивидуально-типологическими особенностями вегетативной регуляции.
3. Адаптивные реакции сердечно-сосудистой системы студентов-спортсменов с различной устойчивостью системы равновесия и вегетативной регуляцией на вестибулярные воздействия протекают с неодинаковым напряжением регуляторных механизмов.

Список литературы

1. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Медицина. – 1984. – 156 с.
2. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. – М.: Фирма «Слово», 2008. – 208 с.
3. Дембо А.Г., Земцовский Э.В. Спортивная кардиология. – Л.: Медицина, 1989. – 469 с.
4. Дубровский В.И. Валеология. Здоровый образ жизни. – М.: Retorika. – 2001. – 560 с.
5. Желтова О.П., Ситдииков Ф.Г., Винихина Л.Н. Некоторые вопросы физиологии вестибулярной сенсорной системы: методическое пособие. – Саратов, 1993. – 42 с.
6. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2002. – 290 с.
7. Назаренко А.С. Вегетативные реакции на вестибулярное раздражение у спортсменов, занимающихся циклическими и ситуационными видами спорта // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2009. – № 2 (25). – С. 154-155.
8. Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии / Н.Н. Алипов, Д.А. Ахтямова, В.Г. Афанасьев [и др.] / под ред. С.М. Будылиной, В.М. Смирнова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 336 с.
9. Сышко Д.В., Мутьев А.В.. Коррекция вестибуловегетативных типов реакций у спортсменов // Физическое воспитание студентов творческих специальностей: сб. науч. тр. под ред. проф. С.С. Ермакова. – 2006. – № 4. – С. 42-47.
10. Heart rate variability in elite American track-and-field athletes / D. J. Berkoff [et al.] // J. Strength Cond. Res. – 2007. – Vol. 21. – N. 1. – P. 227–231.

Рецензенты:

Онищенко А.Н., д.м.н., профессор кафедры физической культуры и спорта ФГБОУ ВПО «Саратовская государственная юридическая академия» Министерства образования и науки Российской Федерации, г. Саратов.

Пучиньян Д.М., д.м.н., профессор, заместитель директора по науке, и.о. главного научного сотрудника группы физиологии и патофизиологии ФГБУ «Саратовский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Саратов.