

## СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫЕ И СЕНСОРНЫЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СПОРТА НА ВЕСТИБУЛЯРНОЕ РАЗДРАЖЕНИЕ

А.С. Назаренко

Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

Для связи с авторами: Hard@inbox.ru

### Аннотация:

Обнаружено, что средняя величина хронотропной реакции сердца спортсменов на вестибулярное раздражение при разных положениях головы и длительность сенсорной реакции имеют обратную зависимость от насыщенности упражнений вида спорта угловыми ускорениями. Выраженность реакции систолического артериального давления у спортсменов разных специализаций не различается. Показатели вестибулярной устойчивости выше в тех видах спорта, в которых присутствуют сложные по координации движения, насыщенные угловыми и прямолинейными ускорениями.

**Ключевые слова:** статокINETическая устойчивость, вестибулярное раздражение, сердечно-сосудистые и сенсорные реакции, равновесие тела, виды спорта, спортсмены.

### CARDIOVASCULAR AND SENSORY REACTIONS OF THE ORGANISM OF SPORTSMEN OF VARIOUS SPORTS ON VESTIBULAR IRRITATION

A.S. Nazarenko

Volga Region State Academy of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia

### Abstract:

It was found that the average value of the chronotropic reaction of the athletes' heart to vestibular stimulation at different positions of the head and the duration of the sensory reaction are inversely related to the saturation of the sports exercises by angular accelerations. The severity of the response of systolic blood pressure in athletes of different specializations does not differ. The indicators of vestibular stability are higher in those sports where there are complex in coordination of movement saturated with angular and rectilinear dilution.

**Key words:** Statokinetic stability, vestibular irritation, cardiovascular and sensory responses, body balance, sports, athletes.

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших условий для достижения высоких спортивных результатов в различных видах спорта является способность спортсмена сохранять равновесие тела, несмотря на значительные физические нагрузки [2, 6]. В основном данные функции осуществляются за счет функциональной активности статокINETической системы. При этом вестибулярный аппарат как информатор положения гравитационной вертикали при перемещениях тела в пространстве обеспечивает его ориентацию и перераспределение мышечного тонуса [4, 5], а также влияет на вегетативные и сенсорные функции организма. Уровень функционирования вестибулярной сенсорной системы напрямую зависит от интенсивности адекватных прямолиней-

ных и угловых ускорений. Поэтому изучение сердечно-сосудистых и сенсорных реакций организма на вестибулярные раздражения, а также поиск новых путей, позволяющих улучшить вестибулярную функцию, является принципиально важным для совершенствования тренировочного процесса спортсмена. Влияние отдельных видов спорта на совершенствование вестибулярной функции и обратное влияние функционального состояния вестибулярного аппарата на эффективность двигательных действий спортсменов изучались во многих исследованиях [2, 3, 4, 7, 8]. Однако комплексное изучение сердечно-сосудистых и сенсорных реакций на вестибулярное раздражение у спортсменов разных по координационной сложности видов спорта не проводилось, что и определило цель данной работы.

## МЕТОДЫ

### И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Были изучены вестибулярные реакции 108 человек мужского пола, 93 из которых активно занимаются спортом и при спортивном стаже не менее 7 лет имеют квалификацию от первого разряда до мастера спорта РФ. В группу циклических видов спорта вошли бегуны на средние и длинные дистанции, лыжники и пловцы, ситуационные виды представляли спортсмены игровых видов: футболисты, волейболисты, бадминтонисты, баскетболисты и хоккеисты, а виды спорта со стереотипными сложнокоординационными упражнениями – гимнасты. Контрольную группу составили студенты, не занимающиеся спортом (15 человек).

Вестибулярную устойчивость определяли по методике Н.Н. Лозанова и И.П. Байченко (1938), в которой учитывались данные вегетативных реакций (ЧСС и АД) на вращательную пробу в баллах. Для этого использовали вращательную пробу В.И. Воячека, которую проводили в кресле Барани (5 вращений кресла со скоростью  $180^\circ/\text{с}$ ). Для изменения состава раздражаемых рецепторов вращение при повторных пробах производилось при наклоне головы влево и вправо. По данным, полученным до и после вращательной пробы, оценивали реакцию сердечно-сосудистой системы – по изменению частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления (АД). По длительности вестибулярной иллюзии противовращения (ВИП) определяли также вестибулосенсорную реакцию: обследуемого с завязанными глазами в течение 20 с вращали со скоростью  $180^\circ/\text{с}$  и засекали время исчезновения ощущения противовращения, возникающего после остановки кресла.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы SPSS 20. Проверку выборки на характер распределения её значений осуществляли с помощью критерия Колмогорова-Смирнова, статистическую значимость различий значений выборок – с использованием Т-критерия Стьюдента для множественных сравнений (с поправкой Бенедикт-Феррери при равных дисперсиях и с поправкой Тамхейна при неравенстве дисперсий). Корреляционный анализ проводился по методу Бравэ-Пирсона (в

зависимости от характера распределения значений в выборке). Данные в тексте и в таблицах представлены как средняя арифметическая величина и стандартное отклонение ( $M \pm s$ ). Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исходный уровень ЧСС у гимнастов и спортсменов циклических и игровых видов спорта составил  $64.80 \pm 0.83$ ;  $56.09 \pm 0.57$  и  $59.68 \pm 0.52$  уд/мин соответственно ( $p < 0.01-0.001$ ). Брадикардию спортсменов циклических видов спорта можно объяснить тем, что преобладающее значение в их подготовке имеют упражнения, развивающие выносливость, которые в меньших объемах используются в игровых видах спорта и, особенно, в гимнастике. У контрольных испытуемых ЧСС существенно выше, чем у спортсменов, –  $68.13 \pm 1.19$  уд/мин ( $p < 0.001$ ).

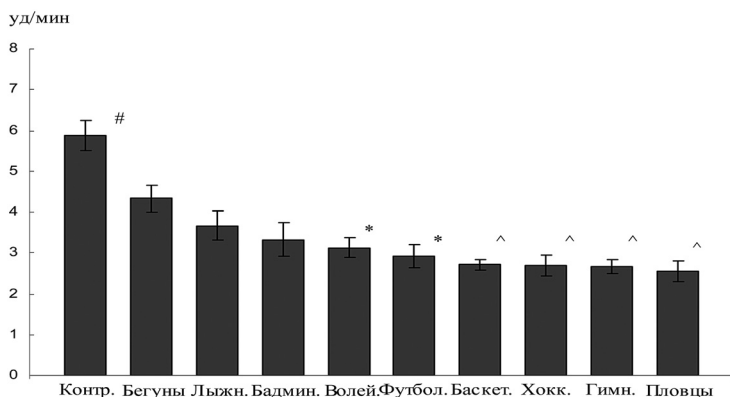
Преобладающей реакцией ЧСС на вестибулярное раздражение как у спортсменов, так и у контрольных испытуемых было повышение, что является одним из проявлений возбуждения симпатической нервной системы. Однако у 10% испытуемых выявлялось снижение ЧСС, притом, как правило, у одних и тех же лиц при разных положениях головы. В отдельных видах спорта их было не более одного или не оказалось совсем, в то время как среди пловцов снижение ЧСС на 1-3 уд/мин наблюдалось почти у половины с тенденцией к увеличению до 55-64% в положениях наклон головы влево или вправо. Преобладание симптомов возбуждения парасимпатической нервной системы относят к индивидуальной реакции организма на вестибулярные раздражения. При этом снижение ЧСС у некоторой части пловцов в отличие от единичных случаев в других видах спорта вряд ли можно отнести лишь к их индивидуальным особенностям. Возможно, такая реакция отчасти связана с неадекватным действием воды на вестибулярный аппарат [4, 5] и является одним из вегетативных компонентов плавания. В их формировании важную роль могло играть рефлекторное снижение ЧСС при погружении лица в воду: многократно сочетаясь с поворотами головы, в частности при вольном стиле плавания, оно, по-видимому, могло реализоваться и при

вращательных нагрузках вне водной среды. Хронотропная реакция сердца на вестибулярное раздражение у пловцов, гимнастов и представителей игровых видов спорта не различалась и составила  $2.64 \pm 0.45$ ;  $2.67 \pm 0.29$  и  $2.80 \pm 0.21$  уд/мин соответственно. Заметно выше она у бегунов и лыжников –  $4.27 \pm 0.79$  и  $3.92 \pm 0.75$  уд/мин соответственно. Еще более высокие показатели реакции выявлены в контроле –  $6.47 \pm 0.69$  уд/мин ( $p < 0.05-0.001$ ). Следовательно, в видах спорта с большим насыщением движений вращательными элементами или с выполнением движений в водной среде хронотропная реакция сердца спортсменов на вестибулярное раздражение имеет меньшую выраженность.

Еще одна особенность хронотропной реакции сердца, очевидно, также связанная со спецификой двигательных действий спортсменов, заключается в том, что при вращениях в положении наклон головы вправо или влево она заметно различается, особенно в тех видах спорта, технические действия или перемещения в которых выполняются с участием рук. При этом у лыжников, пловцов, хоккеистов, волейболистов, бадминтонистов хронотропная реакция сердца выше при наклоне головы вправо (на  $0.81 \pm 0.22$  уд/мин;  $p < 0.01$ ), а у гимнастов и баскетболистов – при наклоне влево (на  $0.79 \pm 0.23$  уд/мин;  $p < 0.01$ ). У футболистов и бегунов руки в результирующих действиях играют менее значимую роль, соответственно и реакции ЧСС на вращение в разных положениях головы не различаются ( $0.11 \pm 0.39$  уд/мин).

Расхождение хронотропной реакции сердца на вращательную нагрузку при наклонах головы вправо и влево может быть обусловлено асимме-

трией движений в плечевом поясе при выполнении наиболее характерных действий вида спорта, включающих вращательные компоненты и выполняющихся при определенном наклоне головы, обеспечивающем оптимальное распределение мышечного тонуса. Рецепторы разных полукружных каналов испытывают при этом разные по силе раздражения [4, 5, 8], и их адаптация к ним также происходит в разной степени, что, очевидно, и вызывает расхождение реакции сердца на вращение при разных положениях головы. Логично полагать, что в таком случае суммарная, или средняя, ее величина у спортсменов должна иметь обратную зависимость от степени адаптации к угловым ускорениям соразмерно их обилию в упражнениях избранного вида спорта. И действительно, на рисунке 1 видно, что средняя величина реакции ЧСС при трех положениях головы (наклон вперед, вправо и влево) у спортсменов разных специализаций закономерно убывает в зависимости от загруженности упражнений их вида спорта угловыми ускорениями. Наибольшая реакция в этом ряду – у бегунов и лыжников, перемещения которых преимущественно прямолинейные. Меньше реакция у спортсменов неконтактных спортивных игр (бадминтон и волейбол), перемещения которых сочетаются с поворотами в разных направлениях и изменениями положения тела. В контактных видах игр – в футболе, баскетболе, хоккее – спортсмены в условиях жесткой контактной борьбы, несомненно, совершают значительно больше поворотов и вращений, чем в неконтактных видах. Соответственно, им, как и гимнастам, упражнения которых насыщены вращениями в разных



**Рисунок 1 – Средняя величина хронотропной реакции сердца на вращательную нагрузку при трех положениях головы у спортсменов разных видов спорта**  
Примечание: # – различие с показателями спортсменов ( $p < 0.01-0.001$ ); \* – различия с показателями бегунов ( $p < 0.05-0.001$ ); ^ – различия с показателями бегунов и лыжников ( $p < 0.05-0.001$ )

плоскостях, присуща низкая хронотропная реакция сердца на вращательную нагрузку. Такая же по величине реакция у пловцов, очевидно, является результатом параллельной адаптации вестибулярного аппарата к адекватным и неадекватным (водная среда) раздражителям.

Систолическое артериальное давление (АДС) у спортсменов игровых и циклических видов спорта и гимнастов почти не различалось –  $111.95 \pm 0.55$ ,  $111.76 \pm 0.79$  и  $112.07 \pm 0.71$  мм рт.ст. соответственно. В контрольной группе оно было заметно выше –  $117.20 \pm 1.15$  мм рт.ст. ( $p < 0.01$ ).

В ответ на вращательную нагрузку основной реакцией АДС при всех положениях головы было повышение. Лишь у 13% испытуемых наблюдалось небольшое его снижение (в основном на 1-2 мм рт.ст.). В отличие от ЧСС средние величины реакции АДС при всех положениях головы у спортсменов всех групп видов спорта, а также в контроле были практически идентичными (рисунок 2).

Примерное равенство реакций сохранилось и при других положениях головы. Исключение составили гимнасты, у которых, как и в случае с ЧСС, вращение при наклоне головы влево вызвало меньший прирост АДС, чем при наклонах вправо и вперед ( $p < 0.05$ ). Это, возможно, обусловлено тем, что вращения в гимнастических упражнениях преимущественно выполняются вправо, «по винту», т.е. с поворотом и некоторым наклоном головы влево. Высокий уровень адаптации к вращениям в таком положении, по-видимому, может иметь отражение на реакции не только ЧСС, но и АДС.

Таким образом, реакция АДС на вестибуляр-

ное раздражение в отличие от реакции ЧСС не связана со специализацией спортсменов и спецификой их двигательной деятельности. Эти различия в реакциях ЧСС и АДС могут быть связаны с особенностями регуляции водителя ритма сердца, представленного синусовым узлом, с одной стороны, и сердечного выброса и сопротивления току крови в сосудах, с другой [1, 7].

Исходные величины диастолического давления (АДД) у спортсменов игровых и циклических видов спорта и гимнастов, как и АДС, не различались и составили, соответственно,  $69.44 \pm 0.75$ ;  $69.89 \pm 0.68$  и  $69.93 \pm 1.21$  мм рт.ст. В контроле АДД было несколько выше –  $72.33 \pm 1.33$  мм рт.ст. ( $p > 0.05$ ).

При вращательной пробе изменение АДД у представителей игровых видов спорта было разнонаправленным и средняя величина реакции, хотя и была положительной, но статистически незначимой ( $0.80 \pm 0.52$  мм рт.ст.). В циклических видах спорта АДД возросло в среднем на  $1.53 \pm 0.47$  мм рт.ст. ( $p < 0.01$ ). Еще более выраженным было увеличение у гимнастов –  $3.33 \pm 0.60$  мм рт.ст. ( $p < 0.01$ ). В контрольной группе реакция АДД составила  $2.60 \pm 1.07$  мм рт.ст., что сопоставимо со средней величиной реакции у спортсменов.

Показатели вестибулярной устойчивости, по Лозанову-Байченко (ВУ), у спортсменов циклических и игровых видов спорта достаточно близки –  $3.80 \pm 0.10$  и  $3.96 \pm 0.06$  балла соответственно ( $p > 0.05$ ). ВУ пловцов, лыжников и легкоатлетов в группе циклических видов спорта также не различается. В игровых видах спорта ВУ спортсменов разных специ-

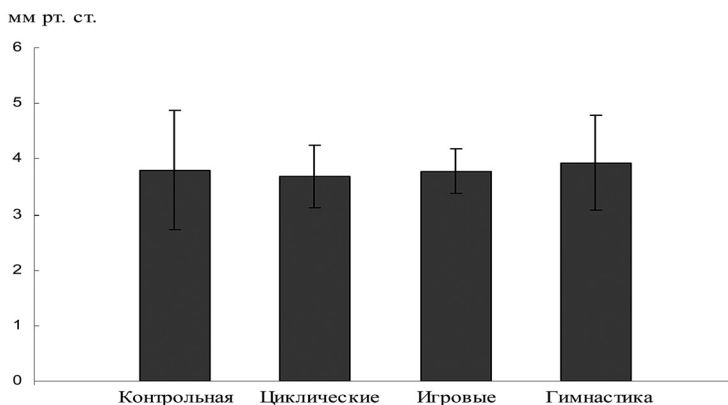


Рисунок 2 – Изменение АДС под влиянием вестибулярной нагрузки при всех положениях головы

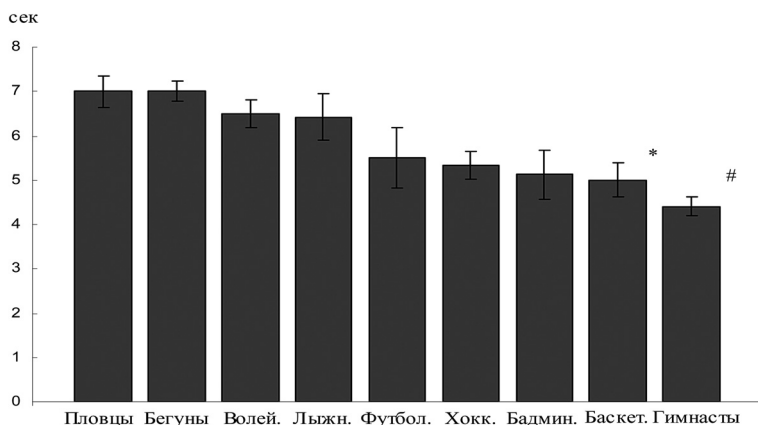
ализаций имеет большее расхождение: у волейболистов она ниже, чем у баскетболистов –  $3.72 \pm 0.10$  и  $4.09 \pm 0.12$  балла соответственно ( $p < 0.05$ ), а у футболистов, бадминтонистов и хоккеистов –  $3.88 \pm 0.11$ ;  $4.04 \pm 0.12$  и  $4.06 \pm 0.13$  балла соответственно – близка к среднему показателю по группе игровых видов. ВУ у гимнастов –  $4.10 \pm 0.06$  балла – выше, чем у спортсменов циклических видов спорта ( $p < 0.05$ ). В контрольной группе ВУ ( $3.08 \pm 0.17$  балла) существенно ниже, чем в группах спортсменов ( $p < 0.01-0.001$ ).

У спортсменов всех видов спорта ВУ тесно связана с хронотропной реакцией сердца на вращательную нагрузку ( $r = -0.72-0.88$ ), связь с реакцией АДС отсутствует или слабая ( $r < 0.20$ ). Поэтому ВУ, как и реакция ЧСС, отражает уровень адаптации спортсменов разных специализаций к угловым ускорениям, но отсутствие связи реакции АДС со специализацией спортсмена снижает точность отражения по сравнению со средней величиной реакции ЧСС при трех положениях головы.

Вестибулярная иллюзия противовращения (ВИП), возникающая после прекращения вращательной нагрузки, у спортсменов циклических видов спорта составила в среднем  $6.79 \pm 0.23$  сек, что на 17.4% больше, чем у спортсменов игровых видов спорта –  $5.61 \pm 0.22$  сек ( $p < 0.01$ ). Наименьшую длительность ВИП ощущали гимнасты –  $4.40 \pm 0.21$  сек. Это на 35% меньше, чем у спортсменов циклических видов спорта, и на 21.6% – чем у игровых ( $p < 0.01$ ). Длительность ВИП была наибольшей в контроле –  $7.87 \pm 0.32$  сек.

Короткая сенсорная реакция у гимнастов, несомненно, связана со спецификой их вида спорта. Сложные упражнения, включающие вращения в различных плоскостях, являются сильными адекватными раздражителями вестибулярной сенсорной системы. В целом длительность ВИП у спортсменов имеет закономерную связь со спецификой упражнений того или иного вида спорта и их влияния на вестибулярный аппарат. В то же время расположение видов спорта в порядке убывания длительности ВИП не полностью совпадает с порядком убывания хронотропной реакции сердца на вестибулярное раздражение при трех положениях головы (рисунок 3). Особенно велико несовпадение у пловцов: низкая хронотропная реакция сердца у них сочетается с весьма длительной ВИП. Возможно, это связано с тем, что вращательные элементы движений в плавании являются относительно умеренными и низкая реакция ЧСС пловцов на вращательную нагрузку больше связана с адаптацией к действию воды как неадекватного раздражителя вестибулярного аппарата. Вероятно, длительность ВИП в этом случае должна отражать преимущественно степень адаптации к адекватным раздражителям.

Длительность ВИП по сравнению с реакцией ЧСС имеет меньше связей с другими видами реакции организма на вестибулярное раздражение. В то же время заметная и даже сильная (у гимнастов;  $r > 0.6$ ) корреляция реакции ЧСС и длительности ВИП у спортсменов указывают на высокую информативность обоих показателей при оценке их вестибулярной устойчивости. Для практики спорта особенно



**Рисунок 3 – Длительность ВИП у спортсменов разных видов спорта**

Примечание: \* –  $p < 0.01-0.001$  (различия с показателями бегунов, лыжников, волейболистов, пловцов и хоккеистов); # –  $p < 0.05-0.01$  (различия с показателями бегунов, лыжников, волейболистов, пловцов)

важна длительность ВИП. Короткая сенсорная реакция спортсмена обеспечивает ему постоянный контроль движений и сохранение равновесия при выполнении сложных упражнений, включающих вращения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, хронотропная реакция сердца на вестибулярное раздражение при разных положениях головы по отношению к вертикали, несмотря на относительно небольшой

диапазон, реально отражает степень адаптации вестибулярного аппарата: чем больше насыщенность упражнений вида спорта угловыми ускорениями, тем ниже реакция ЧСС на вращательную нагрузку. Длительность сенсорной реакции на вестибулярное раздражение также закономерно снижается по мере увеличения вращательных элементов и угловых ускорений в упражнениях разных видов спорта, а вестибулярная устойчивость возрастает.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баевский, Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванова, Л. В. Чирейкина // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65-87.
2. Быков, Е. В. Функциональное состояние спортсменов с различными показателями качества функции равновесия / Е. В. Быков, М. М. Кузиков, Н. Г. Зинурова, К. Г. Денисов // Вестник ЮУрГУ. – 2012. – № 21. – С. 22-25.
3. Мавлиев, Ф. А. Изменения гемодинамических и стабильнографических показателей при ортостатических воздействиях у спортсменов, занимающихся борьбой / Ф. А. Мавлиев, А. С. Назаренко, Ф. Р. Зотова, А. А. Набатов // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 11. – С. 21-23.
4. Чинкин, А. С. Вестибулярная устойчивость спортсменов разных видов спорта : монография / А. С.

- Чинкин, А. С. Назаренко. – Казань : Издательство ФГОУ ВПО Поволжская ГАФКСиТ, 2011. – 168 с.
5. Янов, Ю. К. Методология теории самоорганизации в развитии представлений о физиологических механизмах вестибулярных реакций / Ю. К. Янов, К. В. Герасимов // Успехи физиологических наук. – 2000. – № 2. – С. 79-88.
6. Caudron, S. Attenuation of the evoked responses with repeated exposure to proprioceptive disturbances is muscle specific / S. Caudron, L. Langlois, V. Nougier, M. Guerraz // J. Gait Posture. – 2010. – № 2. – P. 161-168.
7. Nidekker, I. G. Quantitative analysis of the balanced state of neurogenic influences on the heart rate / I. G. Nidekker, O. O. Kupriyanova // Human Physiology. – 2010. – № 2. – С. 184-189.
8. Wuehr, M. Patterns of optimization in single- and inter-leg gait dynamics / M. Wuehr, C. Pradhan, T. Brandt, K. Jahn, R. Schniepp // J. Gait Posture. – 2013. – № 2. – P. 733-738.

## BIBLIOGRAPHY

1. Baevsky, R. M. Analysis of heart rate variability using different electrocardiographic systems (guidelines) / R. M. Baevsky, G. G. Ivanov, L. V. Chireykina // Journal of arrhythmology. – 2001. – № 24. – P.65-87.
2. Bykov, E. V. Functional condition of athletes with different levels of quality of the equilibrium function / E. V. Bykov, M. M. Kuzikov, N. G. Zinurova, N. G. Denisov // South Ural State University Journal. Series: Education, Health care, Physical culture. – 2012. – № 21. – P. 22-25.
3. Mavliev, F. A. Changes in hemodynamic and stabilographic characteristics at orthostatic tests of athletes practicing wrestling / F. A. Mavliev, A. S. Nazarenko, F. R. Zotova, A. A. Nabatov // Theory and Practice of Physical Culture. – 2015. – № 11. – P. 21-24.
4. Chinkin, A. S. Vestibular stability in athletes of different kind of sports : monograph / A. S. Chinkin, A. S. Nazarenko. – Kazan : Publishing house of Volga

- Region State Academy of Physical Culture, Sport and Tourism, 2011. – 168 p.
5. Yanov, J. K. Methodology of the theory of self-organization and development of ideas about physiological mechanisms of vestibular reactions / J. K. Yanov, K. V. Gerasimov // Advances of Physiological Sciences. – 2000. – № 2. – P. 79-88.
6. Caudron, S. Attenuation of the evoked responses with repeated exposure to proprioceptive disturbances is muscle specific / S. Caudron, L. Langlois, V. Nougier, M. Guerraz // J. Gait Posture. – 2010. – № 2. – P. 161-168.
7. Nidekker, I. G. Quantitative analysis of the balanced state of neurogenic influences on the heart rate / I. G. Nidekker, O. O. Kupriyanova // Human Physiology. – 2010. – № 2. – С. 184-189.
8. Wuehr, M. Patterns of optimization in single- and inter-leg gait dynamics / M. Wuehr, C. Pradhan, T. Brandt, K. Jahn, R. Schniepp // J. Gait Posture. – 2013. – № 2. – P. 733-738.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Назаренко Андрей Сергеевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических дисциплин Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма.