

ВЛИЯНИЕ ВЕСТИБУЛЯРНОГО РАЗДРАЖЕНИЯ НА СТАТОКИНЕТИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ

А.С. Назаренко, А.С. Чинкин

ФГБОУ ВПО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма», Казань, Россия
Для связи с авторами: Hard@inbox.ru

Аннотация:

Показано, что средняя величина хронотропной реакции сердца спортсменов на вестибулярное раздражение и длительность сенсорной реакции имеют обратную зависимость от насыщенности упражнений вида спорта угловыми ускорениями. Выраженность реакции артериального давления у спортсменов разных специализаций не различается. По данным стабиллографического теста, большинство стабиллометрических показателей статокинетической устойчивости у спортсменов циклических, ситуационных и прицельных видов спорта не различались. В наибольшей мере значимые различия в регуляции равновесия тела между спортсменами разных специализаций проявляются под влиянием вестибулярного раздражения. У контрольных испытуемых эффективность сохранения равновесия тела в стабиллографической пробе по сравнению со спортсменами значительно ниже, отклонения центра давления от вертикальной оси более выражены, что указывает на более низкую регуляцию равновесия тела.

Ключевые слова: статокинетическая система, стабиллографические показатели, сенсорные системы, вестибулярная устойчивость, равновесие тела, спортсмены.

INFLUENCE OF VESTIBULAR STIMULATION ON STATOKINETIC STABILITY OF ATHLETES OF VARIOUS SPECIALIZATIONS

A.S. Nazarenko, A.S. Chinkin

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

Abstract:

It is shown that the average value of chronotropic response of the heart on the athletes' vestibular sensory irritation and duration of reaction are inversely related to the intensity of exercise sport with angular acceleration. Severity of reactions of BP to vestibular stimulation, in contrast to the reaction of the heart rate is not associated with the kind of sport of athletes and their specific motor activity. According to the stabilographic test, most stabilometric statokinetic sustainability indicators of athletes of cyclic, situational and targeted sports did not differ. To the greatest extent significant differences in the regulation of the body balance between athletes of different specializations, occur under the influence of vestibular stimulation. In the control test the effectiveness of the body to maintain balance in the sample compared with athletes is significantly lower, the center of pressure deviations from the vertical axis are more vivid, indicating a lower regulation of body balance.

Key words: statokinetic stability, stabilographic indicators, sensor systems, vestibular stability, balance of the body, athletes.

ВВЕДЕНИЕ

Под статокинетической устойчивостью человека понимается способность сохранять равновесие тела в статическом и динамическом положении, координацию произвольных движений и высокий уровень физической работоспособности в условиях активного и пассивного перемещения тела в пространстве. Спорт высших достижений требует постоянного совершенствования статокинетической системы,

от которой зависит эффективность и точность двигательных действий спортсмена. Устойчивость статокинетической системы спортсмена повышается под воздействием специальных физических упражнений, при систематических занятиях спортом и при повышении уровня физической подготовленности [2, 4, 7]. Однако роль зрительной, вестибулярной и проприоцептивной сенсорных систем в поддержании статического равновесия тела

раскрыта недостаточно, а влияние вестибулярного раздражения на стабилографические показатели статокINETической устойчивости спортсменов разных специализаций по существу не исследовано.

ЦЕЛЬЮ РАБОТЫ является изучение влияния вестибулярного раздражения на статокINETическую устойчивость спортсменов разных видов спорта.

МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены на базе учебно-научной лаборатории кафедры медико-биологических дисциплин Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма. В исследованиях участвовали 227 человек мужского пола, 177 из которых активно занимаются спортом и имеют спортивную квалификацию от первого разряда до мастера спорта России. В группу циклических видов спорта вошли бегуны на короткие, средние, длинные дистанции и лыжники. Ситуационные виды спорта представляли спортсмены игровых видов спорта и единоборств: футболисты, волейболисты, бадминтонисты, баскетболисты, хоккеисты и борцы, а прицельные виды спорта – представители стендовой стрельбы. Контрольная группа состояла из студентов, не занимающихся спортом ($n=50$). Все исследуемые были практически здоровы и не имели каких-либо ограничений для занятий спортом. 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 положении испытуемого сидя в кресле Барани с закрытыми глазами, наклонив голову вперед на 90° . В таком положении производилось 5 вращений кресла со скоростью $180^\circ/\text{с}$ (1 оборот в 2 с). По данным, полученным до и после вращательной пробы, оценивали реакцию сердечно-сосудистой системы – по изменениям 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.

Функциональное состояние статокINETической системы оценивали на стабилографическом аппаратно-программном комплексе «Стабилан 01-2» (ЗАО «ОКБ» «Ритм», Россия) путем анализа колебаний центра давления (ЦД). Испытуемый выполнял стабилографический тест с открытыми глазами (52 сек). После стабилографического теста испытуемого усаживали в кресло Барани и производили вращательную пробу В.И. Воячека, после чего он становился на стабилоанализатор и выполнял стабилографический тест. Для оценки влияния вестибулярного раздражения на статокINETическую устойчивость спортсменов показатели стабилографического теста до вестибулярной нагрузки сравнивали с показателями, полученными после нее.

Для оценки статокINETической устойчивости спортсменов использовали следующие стабилографические показатели колебаний центра давления (ЦД): Q_x , мм – разброс по фронтальной плоскости; Q_y , мм – разброс по сагиттальной плоскости; R , мм – средний разброс; V_{CP} , мм/сек – средняя линейная скорость колебания центра давления; V_S , $\text{мм}^2/\text{с}$ – скорость изменения площади статокINETограммы; $SELLS$, мм^2 – площадь доверительного эллипса статокINETограммы; IV , усл. ед. – индекс скорости; OD , усл. ед. – оценка движения; $KФР$, % – качество функции равновесия; $KРИНД$, % – коэффициент резкого изменения направления движения.

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 Бенюфферони при равных дисперсиях и с поправкой Тамхейна при неравенстве дисперсий). Корреляционный анализ проводился по методу Браве-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

Согласно теории П.К. Анохина (1975), организм человека представляет собой сложную иерархию разнообразных функциональных систем, взаимодействующих между собой. В основе этого взаимодействия лежит принцип доминанты, при которой в определенный момент жизнедеятельности организма преобладает одна ведущая функциональная система, а остальные системы выстраиваются в соподчиненном порядке для получения общего конечного полезного результата. Во всех случаях при перемещении тела в пространстве происходит раздражение комплекса анализаторов, образующих статокINETическую систему, при доминирующем влиянии вестибулярного анализатора как наиболее чувствительного к механическим воздействиям. Следовательно, чем выше будет вестибулярная устойчивость спортсмена, тем меньше будет выраженность реакции со стороны сердечно-сосудистой системы на вестибулярное раздражение, а также степень изменения стабильностных показателей статокINETической устойчивости.

Исходный уровень ЧСС у спортсменов циклических, ситуационных и прицельных видов спорта составил в среднем $57,90 \pm 4,90$, $63,41 \pm 5,39$ и $68,90 \pm 3,63$ уд/мин соответственно. Брадикардию спортсменов циклических видов спорта можно объяснить тем, что преобладающее значение в их подготовке имеют упражнения, развивающие выносливость, в меньших объемах используемые в ситуационных ($p < 0,01$) и особенно в прицельных видах спорта ($p < 0,001$). У нетренированных лиц ЧСС существенно выше, чем у спортсменов – $70,80 \pm 4,36$ уд/мин ($p < 0,01-0,001$).

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. Оценка физиологической целесообразности такой направленности реакции сердца может быть

основана на представлении, согласно которому все наблюдаемые при вестибулярном раздражении вегетативные реакции по своей сущности и механизмам развития являются проявлениями срочной адаптации по типу стресс-реакции [3]. При больших степенях раздражения вестибулярного анализатора или низкой его устойчивости может наблюдаться преобладание симптомов возбуждения парасимпатической нервной системы, что является неадекватной реакцией сердца.

Хронотропная реакция сердца на вестибулярное раздражение у представителей циклических и прицельных видов спорта не различалась и составила $3,60 \pm 1,29$ и $2,90 \pm 0,87$ уд/мин соответственно. Значимо ниже она была у спортсменов ситуационных видов спорта $2,50 \pm 0,95$ уд/мин ($p < 0,01$). Значительно более высокие показатели реакции выявлены в контроле – $4,54 \pm 1,21$ уд/мин ($p < 0,05-0,001$). Следовательно, в ситуационных видах спорта с большим насыщением движений вращательными элементами хронотропная реакция сердца спортсменов на вестибулярное раздражение имеет меньшую выраженность, чем у представителей циклических и прицельных видов спорта.

Систолическое артериальное давление (АДС) у спортсменов ситуационных и прицельных видов спорта не различалось – $113,37 \pm 5,38$ и $114,20 \pm 5,35$ мм рт. ст. соответственно, а у представителей циклических видов спорта было значимо меньше – $110,67 \pm 3,55$ мм рт. ст. ($p < 0,01$). В контрольной группе оно было заметно выше – $122,30 \pm 6,04$ мм рт. ст. ($p < 0,001$), что согласуется с представлением о развитии умеренной гипотонии при занятиях спортом. В ответ на вращательную нагрузку основной реакцией АДС было повышение. В отличие от ЧСС средние величины реакции АДС у спортсменов всех групп видов спорта статистически не различались и составили $3,89 \pm 1,46$, $4,57 \pm 1,83$ и $3,90 \pm 1,10$ мм рт.ст. соответственно. В контроле прирост АДС после вращательной пробы был статистически значимо выше – $5,72 \pm 1,86$ мм рт. ст. ($p < 0,01$).

Исходные величины диастолического давления (АДД) у спортсменов ситуационных и прицельных видов спорта не различались и составили, соответственно, $70,42 \pm 4,30$ и

70,10±5,23 мм рт. ст. В то же время у представителей циклических видов спорта оно было значимо меньше – 68,25±3,57 мм рт. ст. ($p<0,01$), в контроле значимо выше – 74,48±5,02 мм рт. ст. ($p<0,01$), чем у спортсменов. У всех испытуемых преобладающей реакцией на вращательную пробу было повышение АД, однако статистически значимые различия между группами испытуемых не наблюдались. У спортсменов циклических, ситуационных и прицельных видов спорта оно составило 1,69±1,86, 1,96±1,18 и 2,00±1,24 мм рт. ст. соответственно ($p>0,05$). В контрольной группе реакция АД значимо выше ($p<0,01$), чем у спортсменов циклических и ситуационных видов спорта, – 2,60±1,76 мм рт. ст.

Динамика АД при вестибулярном раздражении нашла отражение в изменении пульсового давления (ПД). У представителей циклических видов спорта оно возросло значимо больше 3,62±2,05 мм рт. ст. ($p<0,001$), чем у спортсменов ситуационных и прицельных видов спорта – 1,93±1,54 и 1,90±1,85 мм рт. ст. соответственно. Если учесть, что между ПД и ударным объемом крови (УОК) имеется положительная корреляция, то реакцию сердца на вестибулярное раздражение у представителей циклических видов спорта можно расценивать как направленную на увеличение УОК. У спортсменов циклических видов спорта, развивающих выносливость, повышение УОК при физических нагрузках более значимо, чем увеличение ЧСС. Отрицательная корреляция реакций ПД и ЧСС ($r=-0,51$) на вращательную пробу у этих спортсменов, очевидно, может служить проявлением этой закономерности [10].

Таким образом, реакция АД на вестибулярное раздражение в отличие от реакции ЧСС не связана со специализацией спортсменов и спецификой их двигательной деятельности. Эти различия в реакциях ЧСС и АД 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. Водитель ритма сердца, определяющий частоту его сокращений, имеет тонкую систему регуляции и с высокой точностью реаги-

рует на симпатические и парасимпатические воздействия и гормоны эндокринных желез в полном соответствии с потребностями и состоянием организма [1], тогда как сердечный выброс и сопротивление току крови в сосудах как основные факторы, определяющие АД, имеют весьма сложный механизм регуляции и подвержены влияниям из многих источников [8]. Возможно, именно это обстоятельство не позволяет АД столь же тонко и соразмерно адаптации к угловым ускорениям реагировать на вращательное раздражение, как ЧСС.

Величина реакции сердечно-сосудистой системы на вестибулярные раздражения повлияла на вестибулярную устойчивость (ВУ), оцениваемую по методике Н.Н. Лозанова и И.П. Байченко (1938). У спортсменов циклических и прицельных видов спорта она не различалась – 3,89±0,35 и 3,90±0,24 балла соответственно ($p>0,05$). Наибольший показатель ВУ был выявлен у представителей ситуационных видов спорта – 4,21±0,30 балла, который значимо превышает показатели спортсменов циклических и прицельных видов спорта ($p<0,01$). Показатель ВУ в контрольной группе (3,46±0,44 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 ($r=-0,79-0,92$), связь с реакцией АД отсутствует или слабая ($r<0,27$). Поэтому ВУ, как и реакция ЧСС, отражает уровень адаптации спортсменов разных специализаций к угловым ускорениям.

Вестибулярная иллюзия противовращения (ВИП), возникающая после прекращения вращательной нагрузки, у спортсменов прицельных видов спорта составила в среднем 12,30±1,15 сек, что на 18% больше, чем у спортсменов циклических видов спорта – 10,47±2,50 сек ($p<0,001$). Наименьшую длительность ВИП ощущали представители ситуационных видов спорта – 7,87±2,05 сек. Это на 63% и 37% меньше, чем у спортсменов прицельных и циклических ($p<0,001$) видов спорта соответственно. Длительность ВИП в контроле – 15,10±2,56 сек, это почти вдвое больше, чем у спортсменов ситуационных видов спорта и почти в 1,5 раза больше, чем у занимающихся циклически-

ми видами спорта. Более короткая сенсорная реакция у спортсменов ситуационных видов спорта, несомненно, связана со спецификой их вида спорта. В этих видах спорта в изобилии представлены сложные по координации упражнения, различные вращения и изменения положения тела, являющиеся сильным адекватным раздражителем вестибулярной сенсорной системы. Следует заметить, что у спортсменов имеются заметные корреляционные связи между ЧСС и длительностью ВИП ($r=0,5$), ВУ и длительностью ВИП ($r=-0,7$), что указывает на высокую информативность этих показателей при оценке вестибулярной устойчивости. Для практики спорта особенно важна длительность ВИП. Короткая сенсорная реакция спортсмена обеспечивает ему постоянный контроль дви-

жений и сохранение равновесия тела при выполнении сложных упражнений, включающих вращения.

По данным стабиллографического теста, большинство стабиллометрических показателей статокINETической устойчивости у спортсменов циклических, ситуационных и прицельных видов спорта не различались. Однако, как видно из таблицы 1, площадь эллипса у спортсменов ситуационных видов спорта статистически значимо меньше ($p<0,05-0,01$), чем у спортсменов циклических и прицельных видов спорта, что отражает способность сохранять устойчивое вертикальное положение тела при меньшей площади опоры стоп. Отсутствие значимых различий по большинству стабиллографических показателей у спортсменов разных спе-

Таблица 1 - Стабиллографические показатели статокINETической устойчивости спортсменов и контрольных испытуемых до и после вестибулярного раздражения ($M\pm s$)

| Показатели | Стабиллографический тест | | | | Стабиллографический тест после вестибулярного раздражения | | | |
|------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|---|-------------------------|------------------------|--------------------------|
| | Контроль | Циклические виды спорта | Прицельные виды спорта | Ситуационные виды спорта | Контроль | Циклические виды спорта | Прицельные виды спорта | Ситуационные виды спорта |
| Q_x , мм | 2,45 ± 0,64 | 2,08 ± 0,52 | 2,31 ± 0,36 | 2,15 ± 0,59 | 3,68 ± 0,54 | 3,39 ± 0,76 | 3,59 ± 0,96 | 3,13 ± 0,80 |
| Q_y , мм | 3,59 ± 0,94 * | 3,01 ± 0,68 | 2,92 ± 0,55 | 2,87 ± 0,61 | 5,30 ± 0,83 * | 4,68 ± 1,55 | 5,17 ± 0,94 | 4,44 ± 0,89 |
| R, мм | 4,43 ± 1,38 | 4,19 ± 1,08 | 4,09 ± 0,86 | 4,63 ± 1,61 | 9,52 ± 2,21 | 6,94 ± 2,06 | 6,89 ± 1,29 | 7,23 ± 1,55 |
| V_{CP} , мм/сек | 7,54 ± 1,67 * | 6,89 ± 1,80 | 5,63 ± 0,86 | 5,71 ± 2,20 | 13,85 ± 1,93 * | 11,20 ± 2,22 | 10,15 ± 1,54 | 8,95 ± 2,44 ^ |
| V_S , мм ² /с | 9,42 ± 3,14 | 8,39 ± 3,51 | 7,16 ± 2,14 | 7,02 ± 2,40 | 20,74 ± 4,84 * | 14,54 ± 4,96 | 12,86 ± 4,12 | 11,89 ± 4,02 |
| S_{ELLS} , мм ² | 99,48 ± 18,76 * | 78,85 ± 24,41 | 70,32 ± 9,83 | 66,93 ± 19,21 ^ | 223,63 ± 26,03 * | 171,53 ± 51,31 | 191,67 ± 13,14 | 140,19 ± 39,45 ^ |
| IV, усл. ед. | 5,74 ± 1,42 * | 4,84 ± 1,41 | 4,52 ± 0,93 | 4,97 ± 1,26 | 10,88 ± 2,79 * | 7,35 ± 2,23 | 6,98 ± 1,15 | 7,79 ± 1,67 |
| OD, усл. ед. | 43,74 ± 9,76 | 37,93 ± 10,44 | 44,05 ± 8,61 | 40,83 ± 8,78 | 56,99 ± 9,18 | 59,02 ± 11,12 | 51,89 ± 7,45 | 50,81 ± 9,53 |
| КФР, % | 83,97 ± 4,49 * | 85,35 ± 4,67 | 90,59 ± 2,00 | 89,86 ± 3,60 | 69,54 ± 4,83 * | 77,38 ± 5,24 | 76,79 ± 3,80 | 81,22 ± 4,94 ^ |
| КРИНД, % | 15,24 ± 5,99 * | 13,86 ± 5,31 | 12,50 ± 3,26 | 12,02 ± 4,16 | 0,45 ± 0,09 | 0,32 ± 0,09 | 0,34 ± 0,07 | 0,38 ± 0,44 |

Примечание: * – значимость различий с показателями спортсменов в стабиллографической пробе до и после вестибулярного раздражения ($p<0,05-0,001$), ^ – значимость различий с показателями спортсменов циклических и прицельных видов спорта в стабиллографической пробе до и после вестибулярного раздражения ($p<0,05-0,001$)

циализаций может быть связано с простотой и неспецифичностью данного статического теста, что позволяет контролировать или компенсировать деятельность одних систем регуляции равновесия тела другими системами.

У контрольных испытуемых эффективность сохранения равновесия тела в стабиллографической пробе по сравнению со спортсменами значительно ниже ($p < 0,05-0,001$), более выражены отклонения центра давления от вертикальной оси. Эти данные указывают на высокую скорость колебания центра давления и более низкий показатель «качество функции равновесия». В условиях статического поддержания равновесия тела центральное зрение оказывает большее влияние на контроль движений во фронтальной плоскости, а периферическое зрение в большей степени контролирует колебания в сагиттальной плоскости [5]. Однако, несмотря на широкие возможности зрительного анализатора, его вклад в контролирование статического равновесия тела может быть компенсирован другими сенсорными системами, в частности, проприоцептивной [5, 11]. Зрительные импульсы в этом случае являются преимущественно запускающим механизмом для активации мышц, участвующих в поддержании пострального контроля во время статического поддержания равновесия тела, в первую очередь, камбаловидной мышцы [6, 9]. Следовательно, определяющая роль в поддержании статического равновесия тела человека принадлежит в первую очередь проприоцептивному анализатору, и только во вторую - зрительному, так как баланс вертикального положения тела при отсутствии поворотов головы регулируется без активного участия вестибулярной системы. Рецепторы давления обнаруживают и сигнализируют о колебаниях тела, в то время как механорецепторы могут определить локализацию, скорость, ускорение, давление и их изменения [6].

После вестибулярного раздражения статокINETическая устойчивость снизилась как у спортсменов, так и у контрольных испытуемых, что проявилось в увеличении стабиллографических показателей колебания центра давления. При этом в контроле прирост большинства стабиллографических показателей центра давления и снижение интегрального показателя «качество

функции равновесия» был значительно больше, чем у спортсменов, что привело к статистически значимым различиям в показателях Q_s , V_{CP} , V_S , IV , S_{EILS} , КФР ($p < 0,05-0,001$).

Следовательно, у спортсменов в результате систематических тренировок повышается эффективность функциональной системы регуляции равновесия тела, что в своей основе имеет более совершенные, преимущественно компенсаторные по сути взаимодействия между зрительной, проприоцептивной, вестибулярной сенсорными системами, что способствует росту статокINETической устойчивости. Благодаря этому систематические занятия спортом способствуют более быстрому формированию новых двигательных паттернов, которые в результате многократных повторений приводят к совершенствованию внутренней модели сигналов, т.е. механизмов «распознавания» новой информации. Проприоцептивная импульсация, постоянно возникающая во время тренировок, изменяет функциональные свойства нейронов и обеспечивает пониженную восприимчивость к стимулам различной сенсорной модальности, что ведет к снижению проявления вестибуло-вегетативных, вестибуло-двигательных и вестибуло-сенсорных реакций [6].

У занимающихся ситуационными видами спорта степень увеличения V_{CP} , S_{EILS} и снижение интегрального показателя «качество функции равновесия» статистически менее значима, чем у представителей циклических и прицельных видов спорта ($p < 0,01-0,001$). В большинстве случаев суммарные вестибулярные нагрузки у спортсменов ситуационных видов спорта по диапазону и разнообразию воздействия на отолитовый орган значительно выше, чем у спортсменов циклических и прицельных видов спорта, что закономерно снижает чувствительность вестибулярного анализатора к различным видам раздражений и повышает их статокINETическую устойчивость. Меньшие показатели V_{CP} , S_{EILS} и более высокий показатель КФР указывают на высокую устойчивость статокINETической системы к вращательной пробе, а также отражает их способность к сохранению равновесия тела при меньшей площади опоры стоп. В циклических и прицельных видах спорта на вестибулярный анализатор наносятся в основ-

ном стандартные раздражения, которые можно заранее предусмотреть, поэтому спортсмены этих видов спорта имеют в основном более низкую статокинетическую устойчивость по сравнению с представителями ситуационных видов спорта. В свою очередь, у представителей ситуационных видов спорта показатель ВУ тесно связан с такими стабิโลграфическими показателями, как разброс в сагиттальной плоскости ($r = -0,5$), площадь доверительного эллипса ($r = -0,62$), средняя скорость перемещения центра давления ($r = -0,54$), интегральный показатель «качество функции равновесия» ($r = 0,73$). Следовательно, чем выше вестибулярная устойчивость, тем меньше разброс в сагиттальной плоскости и средняя скорость перемещения центра давления и выше в стабילוграфическом тесте способность к сохранению равновесия тела при меньшей площади опоры после вестибулярного раздражения. Имеются также заметные связи между вестибулярной иллюзией противовращения (ВИП) и стабילוграфическими показателями в разбросе в сагиттальной плоскости ($r = -0,44$), в скорости изменения площади статокинезиграммы ($r = -0,56$), в площади доверительного эллипса ($r = -0,52$) и в интегральном показателе «качество функции равновесия» ($r = 0,54$). Это значит, что чем выше статокинетическая устойчивость, тем короче ВИП на вестибулярное раздражение и меньше разброс в сагиттальной плоскости, скорость изменения площади статокинезиграммы, площадь доверительного эллипса, а также выше интегральный показатель «качество функции равновесия» в стабילוграфической пробе после вестибулярного раздражения.

Следовательно, у представителей ситуационных видов спорта, включающих выполнение множества различных поворотов и вращательных элементов движений, характерная для них меньшая степень увеличения стабילוграфических показателей на вестибулярную нагрузку, по-видимому, в значительной мере обусловлена снижением чувствительности вестибулярного аппарата, что, в свою очередь, обеспечивает меньшее снижение статокинетической устойчивости после вращательных нагрузок, чем у занимающихся циклическими и прицельными видами спорта, в которых преобладают в основ-

ном прямолинейные перемещения. Следует заметить, что статокинетическая устойчивость спортсмена при перемещении тела в пространстве определяется не только функциональным состоянием вестибулярной, зрительной, проприоцептивной, интероцептивной и кожно-механической сенсорной систем, а их взаимодействием между собой, компенсируя слабость или неустойчивость друг друга. При этом доминирующее значение в формировании статокинетической устойчивости человека принадлежит вестибулярному анализатору как наиболее чувствительному к различным видам ускорений. Но если угловые и прямолинейные ускорения воздействуют долгое время на статокинетическую систему спортсмена, то в организме наступает функциональные нарушения работы системности анализаторов, обеспечивающих поддержание устойчивого равновесия тела.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хронотропная реакция сердца и длительность сенсорной реакции на вестибулярное раздражение отражают степень адаптации вестибулярного анализатора к механическим воздействиям: чем меньше реакция ЧСС и длительность ВИП на вращательную нагрузку, тем выше вестибулярная устойчивость спортсмена; выраженность реакции артериального давления не зависит от специфики движений спортсменов. В то же время удержание статического равновесия тела в простых и неспецифических стабילוграфических тестах не обеспечивает качественную оценку статокинетической системы спортсменов разных специализаций, что связано с невысокой нагрузкой к системам поддержания равновесия тела в таких условиях. В свою очередь, наиболее значимые различия в регуляции равновесия тела между спортсменами разных специализаций проявляются после вестибулярного раздражения.

У спортсменов показатель ВУ имеет наибольшее количество связей с ЧСС, ВИП и со стабילוграфическими показателями статокинетической устойчивости: чем выше ВУ, тем меньше реакция ЧСС, длительность ВИП и изменение стабילוграфических показателей после вестибулярной нагрузки. Коэффициент корреляции между ними в большинстве имеет отрицательный знак и составляет 0,47-0,92.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баевский, Р. М. Анализ variability 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. Назаренко, А. С. Влияние ступенчато-возрастающей нагрузки на статокINETическую систему хоккеистов и футболистов / А. С. Назаренко, Н. Ш. Хаснутдинов, А. С. Чинкин // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2014. – № 3 (27). – С. 176-185.
3. 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.
4. Asseman, F. B. Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? / F. B. Asseman, O. Caron, J. Cremieux // J. Gait Posture. – 2008. – № 27. – P. 76-81.
5. Bötzel, K. Comparison of tap-evoked and tone-evoked postural reflexes in humans / O. Kolevemail, T. Brandt // J. Gait Posture. – 2005. – № 3. – P. 324-330.
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. Melnikov, A. A. Postural stability during static strain before and after a submaximal aerobic bicycle test in athletes / A. A. Melnikov, A. A. Savin, L. V. Emelyanova, A. D. Vikulov // J. Human Physiology. – 2012. – № 2. – P. 176-181.
8. 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. – C. 184-189.
9. Nougier, V. Contribution of central and peripheral vision to the regulation of stance / V. Nougier, C. Bard, M. Fleury, N. Teasdale // J. Gait Posture. – 1997. – № 1. – P. 34-41.
10. Vinereanu, D. Left ventricular long-axis diastolic function is augmented in the hearts of endurance-trained compared with strength-trained athletes / D. Vinereanu, N. Florescu, N. Sculthorpe, A. Tweddel, M. Stephens, A. Fraser // Clinical Science. – 2002. – Vol. 103 (3). – P. 249-57.
11. 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. Baeovsky, R. M. Analysis of heart rate variability using different electrocardiographic systems (guidelines) / R. M. Baeovsky, G. G. Ivanov, L. V. Chireykina // Journal of arrhythmology. – 2001. – № 24. – P. 65-87.
2. Nazarenko, A. S. Influence of stepwise increasing load on statokinetic system of hockey and soccer players / A. S. Nazarenko, N. Sh. Khasnutdinov, A. S. Chinkin // Tomsk State University Journal of Biology. – 2014. – № 3 (27). – P. 176-185.
3. 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.
4. Asseman, F. B. Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? / F. B. Asseman, O. Caron, J. Cremieux // J. Gait Posture. – 2008. – № 27. – P. 76-81.
5. Bötzel, K. Comparison of tap-evoked and tone-evoked postural reflexes in humans / O. Kolevemail, T. Brandt // J. Gait Posture. – 2005. – № 3. – P. 324-330.
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. Melnikov, A. A. Postural stability during static strain before and after a submaximal aerobic bicycle test in athletes / A. A. Melnikov, A. A. Savin, L. V. Emelyanova, A. D. Vikulov // J. Human Physiology. – 2012. – № 2. – P. 176-181.
8. 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. – C. 184-189.
9. Nougier, V. Contribution of central and peripheral vision to the regulation of stance / V. Nougier, C. Bard, M. Fleury, N. Teasdale // J. Gait Posture. – 1997. – № 1. – P. 34-41.
10. Vinereanu, D. Left ventricular long-axis diastolic function is augmented in the hearts of endurance-trained compared with strength-trained athletes / D. Vinereanu, N. Florescu, N. Sculthorpe, A. Tweddel, M. Stephens, A. Fraser // Clinical Science. – 2002. – Vol. 103 (3). – P. 249-57.
11. 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 АВТОРАХ

Назаренко Андрей Сергеевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВПО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма».

Чинкин Абдулахат Сиразетдинович – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВПО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма».