

УДК 796.01:612

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ СТАТИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ ТЕЛА У 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:

Проведен анализ стабิโลграфических показателей статического равновесия тела у спортсменов различных специализаций и неспортсменов. Выявлено наличие статистически значимых различий в поддержании статического равновесия тела между изучаемыми показателями обследованного контингента. При этом у неспортсменов ведущим звеном в поддержании статического равновесия тела является зрительный анализатор, тогда как у спортсменов определяющая роль переходит к проприоцептивному анализатору. Наиболее значимые различия в регуляции статического равновесия тела между спортсменами различных специализаций наблюдались при лишении зрительной информации.

Ключевые слова: статокINETическая устойчивость, вертикальная поза, стабิโลграфические показатели, равновесие тела, спортсмены.

PHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF STATIC BODY BALANCE REGULATION AMONG THE ATHLETES OF VARIOUS SPECIALIZATIONS

A.S. Nazarenko, A.S. Chinkin

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

Abstract:

The analysis of the static body balance stabilographic indicators among the athletes of various specializations and non-athletes is carried out. Existence of the statistically significant differences at the static body balance maintenance between elucidated indicators of the examined contingent is revealed. Thus the leading link of the non-athletes's static body balance maintenance is the visual analyzer, whereas athletes's defining role passes to the proprioceptive analyzer. The most significant differences of the static body balance regulation between athletes of various specializations observed while deprivation of visual information.

Key words: statokinetic stability, vertical posture, stabilographic indicators, balance of the body, athletes.

ВВЕДЕНИЕ

В основе поддержания равновесия тела человека лежит взаимодействие вестибулярного, проприоцептивного и зрительного анализаторов, а также нервной системы. Данные системы обеспечивают статокINETическую устойчивость человека к многочисленным механическим силам, возникающим при активном перемещении тела в пространстве. Способность к сохранению равновесия тела имеет особое значение для достижения высоких спортивных результатов во многих видах спорта.

В научной литературе показано, что у спортсменов способность к сохранению статического равновесия тела выше, чем у не занимающихся спортом. У спортсменов разных специализа-

ций она также различается. Однако физиологические механизмы сохранения равновесия тела остаются не до конца изученными, что и побудило к выполнению данного исследования.

Целью данного исследования является изучение механизмов регуляции статического равновесия тела у спортсменов, специализирующихся в разных видах 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 спор-

тивную 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. Оценку устойчивости равновесия тела производили на стабилографическом аппаратно-программном комплексе «Стабилан 01-2» (ЗАО «ОКБ» «Ритм», Россия) посредством анализа колебания центра давления. Во время теста испытуемый стоял на стабилоплатформе с открытыми глазами в основной стойке без обуви (52 с), руки расслаблены и расположены вдоль туловища. Положение ступней было стандартным: пятки вместе, носки врозь (угол 30°). Во время пробы с открытыми глазами (ОГ) испытуемый выполнял устный счет кругов белого цвета на мониторе компьютера. Во время пробы с закрытыми глазами (ЗГ) испытуемый считал звуки. Для анализа регуляции равновесия тела спортсменов использовали следующие стабилографические показатели колебаний центра давления (ЦД): Q_x , мм – разброс по фронтальной плоскости; Q_y , мм – разброс по сагитальной плоскости; R , мм – средний разброс; V_{CP} , мм/сек – средняя линейная скорость колебания центра давления; V_s , мм²/с – скорость изменения площади статокнезиграммы; S_{ELLS} , мм² – площадь доверительного эллипса статокнезиграммы; IV, усл. ед. – индекс скорости; OD, усл. ед. – оценка движения; КФР, % – качество функции равновесия; КРИНД, % – коэффициент резкого изменения направления движения; СЛС, мм/с – среднее значение линейной скорости в процессе исследования. Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы SPSS 20. Проверку выборки на характер распределения её значений осуществляли с помощью критерия Колмогорова-Смирнова, статистическую значимость отличий значений выборок – с

использованием Т-критерия Стьюдента для множественных сравнений (с поправкой Бенюфферони при равных дисперсиях и с поправкой Тамхейна при неравенстве дисперсий). 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.

При выполнении пробы Ромберга тест с открытыми глазами спортсмены успешно сохраняют равновесие тела на протяжении всей пробы, колебания центра давления от вертикальной оси при этом незначительны, и большинство показателей статического равновесия тела у спортсменов разных специализаций 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 указывает на их способность к сохранению равновесия тела при меньшей площади опоры. Отсутствие значимых различий по большинству стабилографических показателей регуляции равновесия тела у спортсменов разных специализаций может быть связано с низким напряжением систем поддержания вертикальной позы в простых, неспецифичных тестах, что, очевидно, позволяет контролировать или компенсировать деятельность одних систем регуляции другими системами. Вероятно, различия в регуляции равновесия тела у спортсменов в большей степени могут выявляться в более сложных условиях поддержания вертикального положения тела, например, при временном выключении зрительной информации. У контрольных испытуемых эффективность сохранения статического равновесия тела в пробе Ромберга в тесте с открытыми глазами по сравнению со спортсменами значительно ниже ($p < 0,05-0,001$), отклонения центра давления от вертикальной оси более выражены, что указывает на высокую скорость колебания центра давления и более низкую регуляцию вертикальной позы (таблица 1). Существует точка зрения, согласно которой, чем выше скорость колебания центра давления, тем ниже возможности систем регуляции равновесия тела. Следует также за-

метить, что интегральный показатель «качество функции равновесия», который был значимо выше у спортсменов ($p < 0,05-0,01$), является одним из важных интегративных информативных стабиллографических показателей, характеризующих постуральную систему человека. Чем больше значение этого показателя, тем выше способность к поддержанию равновесия тела. Лучший результат по данному показателю выявлен у спортсменов прицельных и ситуационных видов спорта.

В пробе Ромберга в тесте с закрытыми глазами как у спортсменов, так и у неспортсменов произошло увеличение большинства стабиллографических показателей и снижение устойчивости вертикального положения тела ($p < 0,01-0,001$), что вызвало снижение интегрального показателя «качество функции равновесия». Схожие

данные были получены и описаны ранее в научной литературе на борцах [6, 8], гимнастах [4], хоккее [1], футболистах [2].

В условиях, когда соматосенсорная информация недостаточна, центральное зрение оказывает большее влияние на контроль движений во фронтальной плоскости. Периферическое зрение в этих условиях в большей степени контролирует колебания в сагиттальной плоскости. Однако, несмотря на значительные возможности зрительного анализатора, его вклад в контролирование равновесия может быть компенсирован другими сенсорными системами, в частности, двигательной. Зрительные импульсы в этом случае являются преимущественно запускающим механизмом для активации мышц, участвующих в поддержании постурального контроля во время движений тела, в первую

Таблица 1 – Стабиллографические показатели статического равновесия тела у спортсменов и контрольных испытуемых (M±s)

Показатели	Проба Ромберга тест с открытыми глазами				Проба Ромберга тест с закрытыми глазами			
	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	3,44 ± 0,59	3,09 ± 0,81	3,12 ± 0,40	3,04 ± 0,81
Q_y , мм	3,59 ± 0,94	3,01 ± 0,68	2,92 ± 0,55	2,87 ± 0,61	5,44 ± 1,07	4,70 ± 1,26	4,40 ± 0,75	4,19 ± 0,92
R, мм	4,43 ± 1,38	4,19 ± 1,08	4,09 ± 0,86	4,62 ± 1,61	7,16 ± 1,56	6,74 ± 1,46	6,42 ± 1,08	7,18 ± 2,25
$V_{ср}$ мм/сек	7,54 ± 1,67	6,89 ± 1,80	5,63 ± 0,86	5,71 ± 2,20	11,85 ± 1,80	10,26 ± 2,86	8,66 ± 1,72	8,37 ± 2,83
$V_{ср}$ мм/с	9,42 ± 3,14	8,39 ± 3,51	7,16 ± 2,14	7,02 ± 2,40	15,43 ± 3,31	14,22 ± 4,75	10,35 ± 2,87	10,89 ± 4,35
S_{FLS} мм ²	99,48 ± 18,76	78,85 ± 24,41	70,32 ± 9,83	66,93 ± 19,21	180,43 ± 20,62	134,74 ± 34,92	103,86 ± 12,76	109,32 ± 9,66
IV, усл. ед.	5,74 ± 1,42	4,84 ± 1,41	4,52 ± 0,93	4,97 ± 1,26	9,24 ± 1,58	7,13 ± 1,95	6,88 ± 1,18	7,39 ± 1,91
OD, усл. ед.	43,74 ± 9,76	37,93 ± 10,44	44,05 ± 8,61	40,83 ± 8,78	56,99 ± 9,18	49,58 ± 15,65	52,29 ± 8,22	48,36 ± 9,98
КФР, %	83,97 ± 4,49	85,35 ± 4,67	90,59 ± 2,00	89,86 ± 3,60	70,51 ± 6,39	78,01 ± 6,93	86,91 ± 2,78	84,38 ± 9,27
КРИНД, %	15,24 ± 5,99	13,86 ± 5,31	12,50 ± 3,26	12,02 ± 4,16	15,55 ± 5,82	14,94 ± 6,18	11,80 ± 2,15	11,34 ± 4,67
СЛС, мм/с	9,23 ± 1,31	7,96 ± 2,28	8,29 ± 1,38	7,27 ± 1,56	13,49 ± 1,98	12,11 ± 2,93	10,59 ± 2,47	11,96 ± 2,01

Примечание: * – значимость различий с показателями спортсменов в пробе Ромберга в тесте с открытыми и закрытыми глазами ($p < 0,05-0,001$), # – значимость различий с показателями спортсменов ситуационных и прицельных видов спорта в пробе Ромберга в тесте с открытыми и закрытыми глазами ($p < 0,05-0,001$), ^ – значимость различий с показателями спортсменов циклических и прицельных видов спорта в пробе Ромберга в тесте с открытыми и закрытыми глазами ($p < 0,05-0,001$)

очередь, камбаловидной мышцы. Подключаются также мышцы шеи, полуперепончатая и полусухожильная супраспинальные мышцы. Наибольшая роль принадлежит мышцам и механорецепторам голеностопного, тазобедренного и коленного суставов [3].

Следовательно, выключение зрительной информации ведет к снижению устойчивости вертикальной позы человека и повышению роли проприоцептивной системы в поддержании равновесия тела, 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. Особенно строго учитываются положение голеностопных суставов и совершаемое в них движения [3].

Для компенсации внешних возмущений, возникающих при поддержании вертикального положения тела, человек использует две основные «позные стратегии» [5, 7]. Когда раздражители внешней среды при основной вертикальной стойке человека являются минимальными, возникающие при этом медленные возмущения компенсируются преимущественно за счет изменения угла в голеностопном суставе, что соответствует «голеностопной стратегии». При быстром возмущении или при стоянии на узкой или неустойчивой опоре запускается так называемая «тазобедренная стратегия», в которой основная роль в стабилизации отводится тазобедренному суставу [7].

Между спортсменами ситуационных и прицельных видов спорта значимых различий в регуляции статического равновесия тела в отсутствие зрительной информации не наблюдалось. Однако степень увеличения Q_y , V_{CP} , V_S , $S_{ELL,S}$, КФР, КРИНД при депривации зрительной информации у представителей циклических видов спорта была статистически значимо больше ($p < 0,05-0,001$), чем у спортсменов ситуационных и прицельных видов спорта, что отражает увеличение колебания центра давления и снижение поддержания статического равновесия тела.

Стабилографические показатели регуляции

равновесия тела у спортсменов в значительной степени связаны с характером движений в исследованных нами видах спорта. Более высокий уровень поддержания статического равновесия тела у представителей ситуационных видов спорта, по-видимому, обусловлен преобладанием в их тренировке специфических упражнений, включающих выполнение множества различных поворотов и вращательных элементов движений, которые являются более сильными раздражителями статокинетической системы по сравнению с упражнениями прямолинейного характера, которые выполняются в циклических видах спорта. В свою очередь, специфика деятельности спортсмена в прицельных видах спорта происходит в условиях поддержания устойчивой статической позы, которая может осложняться под воздействием веса оружия, которое стрелок должен не только многократно поднять, но и относительно долго удерживать для наведения на цель. Очевидно, что при низком уровне статической устойчивости вертикальной позы стрелка высоких спортивных результатов в стендовой стрельбе не достичь, так как происходит снижение точности попадания в движущуюся цель. Поэтому представители прицельных видов спорта также имеют высокие показатели поддержания статической позы и меньшую скорость колебания центра давления по сравнению со спортсменами циклических видов спорта.

У неспортсменов прирост большинства стабилографических показателей в тесте с закрытыми глазами был значительно больше, чем у спортсменов, что обусловило наличие статистически значимых различий по показателям Q_y , V_{CP} , V_S , $S_{ELL,S}$, IV, КФР, КРИНД, СЛС ($p < 0,05-0,001$). Эти данные дают основание полагать, что выключение зрительной информации у спортсменов в меньшей степени нарушает регуляцию статического равновесия тела благодаря большей значимости проприоцептивной системы в поддержании вертикальной позы, тогда как у неспортсменов способность к сохранению статического равновесия тела зависит в большей степени от вклада зрительного анализатора. В результате систематических тренировок у спортсменов благодаря более эффективному использованию проприоцептивной

информации, поступающей от кожи и мышц голенистоногого или тазобедренного суставов, повышается устойчивость регуляторных механизмов равновесия тела [8]. В свою очередь, это ведет к развитию способности к произвольной и непроизвольной коррекции колебаний общего центра масс, что в итоге приводит к расширению резервов поддержания вертикальной устойчивости тела.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У спортсменов по сравнению с контролем выявлен более высокий уровень поддержа-

ния статического равновесия тела, который в значительно меньшей степени снижался при выключении зрительной информации. Показатели поддержания равновесия тела у спортсменов в значительной степени связаны с характером движений в избранных видах спорта. Главенствующая роль в поддержании статического равновесия тела у них принадлежит проприоцептивной сенсорной системе, как при наличии, так и в отсутствие зрительной информации, особенно у спортсменов ситуационных и прицельных видов спорта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. Кошельская, Е. В. Биомеханические и физиологические факторы обеспечения техники целевых ударных действий в футболе / Е. В. Кошельская, В. Н. Баженов, О. И. Буравель, Л. В. Капилевич, В. И. Андреев // Бюллетень Сибирской медицины. – 2009. – № 3. – С. 53-58.
3. Скворцов, Д. В. Стабилометрическое исследование : краткое руководство / Д. В. Скворцов. – М. : Маска, 2010. – 174 с.
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. Cetin, N. Effects of lower-extremity and trunk muscle fatigue on balance / N. Cetin, M. Bayramoglu, A. Aydar, O. Surenkok, O. U. Yemisci // The Open Sports Medicine Journal. – 2008. – Vol. 2. – P. 16-22.
6. 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. – Vol. 38. – № 2. – P. 176-181.
7. Nashner, L. M. The organization of human postural movements: A formal basis and experimental synthesis / L. M. Nashner, G. McCollum // Journal of Behavioral and Brain Science. – 2001. – Vol. 8. – P. 135-172.
8. Paillard, T. Postural adaptations specific to preferred throwing techniques practiced by competition-level judoists / T. Paillard, R. Montoya, P. Dupui // Journal of Electromyography and Kinesiology. – 2007. – № 17. – P. 241-244.
9. O. I. Buravel, L. V. Kapilevich, V. I. Andreyev // Bulletin of siberian medicine. – 2009. – № 3. – P. 53-58.
10. 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. –* Vol. 38. – № 2. – P. 176-181.
11. Nashner, L. M. The organization of human postural movements: A formal basis and experimental synthesis / L. M. Nashner, G. McCollum // Journal of Behavioral and Brain Science. – 2001. - Vol. 8. – P. 135-172.
12. Paillard, T. Postural adaptations specific to preferred throwing techniques practiced by competition-level judoists / T. Paillard, R. Montoya, P. Dupui // Journal of Electromyography and Kinesiology. – 2007. – № 17. – P. 241-244.
13. Skvortsov, D. V. Stabilometric research: a brief guide / D. V. Skvortsov. – М. : Mask, 2010. – 174 p.

BIBLIOGRAPHY

1. 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.
2. Bykov, E. V. Functional condition of athletes with various indicators of quality function balance / E. V. Bykov, M. M. Kuzikov, N. G. Zinurova, K. G. Denisov // South Ural state university Journal. – 2012. – № 21. – P. 22-25.
3. Cetin, N. Effects of lower-extremity and trunk muscle fatigue on balance / N. Cetin, M. Bayramoglu, A. Aydar, O. Surenkok, O. U. Yemisci // The Open Sports Medicine Journal. – 2008. – Vol. 2. – P. 16-22.
4. Koshelskaya, Ye. V. Biomechanic and physiological factors providing the technique of goal-oriented shot actions in football / Ye. V. Koshelskaya, V. N. Bazhenov,

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

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».