

# Сенсомоторная координация как основа технической подготовки

Виктор Болобан  
Киев, Украина

## Sensorimotor coordination as the basis of technical preparation Viktor Boloban

**ABSTRACT.** *Objective.* To analyze and evaluate sensorimotor coordination as the basis of technical preparation.

*Methods.* Analysis and generalization of scientific and methodological literature, vestibulometry, stabilography, testing, expert evaluation, control tasks, vestibular training.

*Results.* Sensorimotor coordination indices of those studying under the general education program reach optimal individual-age values up to 12-14 years in boys and 11-13 in girls; the increase in statokinetic (vestibular) stability of children aged 10-12 years reaches high rates (up to 40% of baseline), which is confirmed by the results of agility development, which is manifested during technical action demonstration. Sensorimotor coordination of masters of sports and masters of sports of the international class, mainly, corresponds to the level of technical skill, specificity of sports events, functional responsibilities of athletes, "participates" in the formation of the strategy of movement management, "works" as the internal unity of the content of the phase structure of exercise sports technique.

*Conclusion.* The optimal functioning of the vestibular sensory system is of practical importance for achieving the intended sports results in various sports events, but above all in those where the athlete is required to display a high level of sensorimotor coordination. The development and improvement of sensorimotor coordination as a basis for technical preparation and fitness are achieved by means of vestibular training (programs: Orientation, Coordination, Posture, Balance, Motor interaction) under strict regulation and control of performed exercises. The lack of adequate training of the vestibular analyzer causes sensorimotor coordination disorder, which, in turn, leads to technical errors in the movements of athletes.

**Keywords:** sensory systems, coordination, statokinetic stability, body balance, technical preparation, vestibular training.

## Сенсомоторная координация як основа технічної підготовки Віктор Болобан

**АНОТАЦІЯ.** *Мета.* Провести аналіз і дати оцінку сенсомоторної координації як основи технічної підготовки.

*Методи.* Аналіз і узагальнення науково-методичної літератури, вестибулометрія, стабілографія, тестування, експертна оцінка, контрольні завдання, вестибулярне тренування.

*Результати.* Показники сенсомоторної координації тих, хто навчається за програмою загальноосвітньої установи, досягають оптимальних індивідуально-вікових значень до 12-14 років у хлопчиків і 11-13 – у дівчаток; приріст статокінетичної (вестибулярної) стійкості дітей у віці 10-12 років досягає високих показників (до 40 % вихідного рівня), що підтверджено результатами розвитку спритності і проявляється при демонстрації технічних дій. Сенсомоторная координація майстрів спорту і майстрів спорту міжнародного класу, переважно, відповідає рівню технічної майстерності, специфіці видів спорту, функціональним обов'язкам спортсменів, «бере участь» у формуванні стратегії управління рухами, «працює» як внутрішня єдність змісту фазової структури спортивної техніки вправ.

*Висновок.* Оптимальне функціонування вестибулярної сенсорної системи має практичне значення для досягнення запланованих спортивних результатів у різних видах спорту, але, передусім, у тих, де від спортсмена вимагається прояв високого рівня сенсомоторної координації. Розвиток і вдосконалення сенсомоторної координації як основи технічної підготовки і підготовленості досягаються засобами вестибулярного тренування (програми: Орієнтація, Координація, Позиція тіла, Рівновага, Рухова взаємодія) за суворої регламентації і контролю виконуваних вправ. Відсутність адекватного тренування вестибулярного аналізатора викликає порушення сенсомоторної координації, що, у свою чергу, призводить до технічних помилок у рухах спортсменів.

**Ключові слова:** сенсорні системи, координація, статокінетична стійкість, рівновага тіла, технічна підготовка, вестибулярне тренування.

**Постановка проблемы. Сенсомоторная координация.** «Координация и есть не что иное, как преодоление избыточных степеней свободы наших органов движения, т.е. превращение их в управляемые системы. Мы называем ... внесение непрерывных поправок в движения, на основании донесений органов чувств, принципом сенсорных коррекций» [2]. «Сенсорный», в точном переводе с латинского, означает относящийся к чувствительности, опирающийся на чувствительность; моторный – от мотор – двигатель. «Сенсомоторная координация» – согласование двигательных действий во времени, в пространстве и по степени мышечных усилий. Сенсомоторные координации (СМК) могут состоять из цепи отдельных сенсомоторных реакций, каждая из которых имеет свои начало и конец; интегрируются в гибкую, пластичную систему сенсомоторных коррекций выполняемого движения, реализующего обобщенную цель [2, 10, 26, 27]. Некоторые специалисты [20, 21] считают, что сенсомоторная координация – это развитие, управление, контроль и коррекция движений с помощью органов чувств. Это сложная координация, функционирующая на основе интеграции сенсорных систем: двигательной, зрительной, слуховой, вестибулярной, тактильной, проприорецептивной, интерорецептивной, осязательной и обонятельной. Проявляющиеся координационные способности (КС) могут рассказать о том, как «работает» СМК спортсмена. Координационные способности фундаментально изучены и представлены в трудах В. Н. Платонова [12]. Высока актуальность и необходимость учета и реализации КС в видах спорта со сложной координационной структурой движений [4, 5, 8, 22, 24].

**Вестибулярная сенсорная система.** Важную роль в управлении движениями и эффективной регуляции позы тела спортсмена в комплексе с другими сенсорными системами играет вестибулярная сенсорная система (ВСС). Это одна из древнейших сенсорных систем, развивавшаяся в условиях действия силы тяжести на Земле. Импульсы вестибулярного анализатора используются в организме для пространственной организации движений человека. ВСС связана с многими центрами спинного и головного мозга и вызывает ряд вестибуло-соматических и вестибуло-вегетативных рефлексов. При дефиците сенсорной информации, а также при чрезмерных раздражениях ВСС возникают соматические вестибулярные реакции, сопровождающиеся головокружением, нарушением координации движений и равновесия тела, иллюзорными ощущениями. При повышении чувствительности ВСС к действию ускорений (линейных, угловых) возможно появление вегетативных реакций, характеризующихся побледнением кожи, потливостью, тошнотой, рвотой, т.е. развитием так называемой болезни передвижения [16].

ВСС оказывает разнообразное побочное влияние на многие функции организма, которые возникают в результате иррадиации возбуждения на другие нервные

центры при низкой устойчивости вестибулярного анализатора. Раздражение приводит к снижению возбудимости зрительной и кожной сенсорных систем, нарушению мышечного тонуса, координации движений и походки, изменениям частоты сердцебиения и артериального давления, увеличению времени двигательной реакции и снижению частоты движений, ухудшению чувства времени, изменению психических функций: внимания, оперативного мышления, кратковременной памяти, эмоциональных проявлений, иллюзий ортоградного и перевернутого положений тела в пространстве [26].

**Приоритетный научный факт.** Нобелевские лауреаты 2014 г. по биологии Джон О'Киф (Англия), Мэй-Бритт Мозер и Эдвард Мозер (Норвегия) открыли, как мозг воспринимает и запоминает ориентацию тела в пространстве, как находит дорогу [25]. Ученые исследовали систему позиционирования головного мозга, точнее ее клеточную основу (внутреннюю систему «ГЛОНАС», позволяющую легко ориентироваться в пространстве). Благодаря этой системе (указывают ученые) мы знаем, где находимся и как найти дорогу к какому-либо другому необходимому нам месту. В 1971 г. Д. О'Киф открыл первый компонент этой системы. Обнаружил, что в мозге крысы определенные нейроны гиппокампа активизируются, когда животное находится в определенной части комнаты, и другие, когда грызун перемещается в другое место. Он предположил, что это «клетки места» и они формируют своего рода карту комнаты, так как работа нервных клеток «запомнивших» определенное место со временем не менялась. В 2005 г. чета Мозер обнаружила другой компонент системы. Рядом с гиппокампом они выявили «клетки сетки», которые действуют как система координат, задавая точное положение крысы в пространстве и формируя последующий путь до цели. Оба типа клеток постоянно обмениваются информацией. Те же клетки присутствуют в мозге человека. Знания о «системе позиционирования» могут быть использованы исследователями в будущем для поиска методик лечения когнитивных (познавательных) расстройств, восстановления памяти и управления движениями.

**Немного истории.** При испытаниях самолетов (когда авиация только зарождалась) имело место большое количество аварий. Некоторое время технический фактор преобладал над всеми другими возможными причинами. Однажды комиссия, осматривающая разбившийся самолет, обратила внимание на находящиеся в кабине самолета следы рвоты. Случаи какое-то время повторялись. Специалисты сделали вывод: катастрофы произошли в результате перегрузки вестибулярного анализатора (ВА) летчиков, приведшей к потере ориентировки тела в пространстве. Человеческий фактор стал второй серьезной опасностью для полетов. Начался специальный отбор молодых людей для подготовки летчиков по показателям вестибулярных реакций. Одно из главных мест в системе подготовки летного состава

заняла вестибулярная тренировка [16]. Накопленный опыт был использован при подготовке космонавтов [11]. При этом, повышение устойчивости ВСС достигается в большей мере активными вращениями человека, чем пассивными.

Оптимальное функционирование ВСС имеет большое значение для достижения высоких спортивных результатов в разных видах спорта, но, прежде всего, в тех, где от спортсмена требуется проявление высокого уровня сенсомоторной координации [4–8, 12, 19, 22, 24]. Рост спортивного мастерства, повышение трудности соревновательных программ требуют от специалистов анализа и учета воздействий на ВА различных факторов, в том числе механических сил, возникающих как инерционные результирующие силы при линейных и угловых ускорениях. Длительные по времени, а порой жесткие и объемные нагрузки на ВА вызывают дискоординацию в функционировании центральной нервной системы, рассогласования в движениях спортсмена. Как свидетельствует опыт спортивной практики и результаты исследований, недостаточно развитый и тренированный ВА, как скрытый недостаток, является причиной получения травм; негативно влияет на качество обучения спортивным упражнениям; понижает результативность тренировочного процесса [5]. Можно задать вопрос: «Достаточно ли тренирован ВА спортсмена, чтобы соответствовать возложенным на него функциональным обязанностям»? И дать ответ: «Имеются значительные резервы для его развития и совершенствования».

Рассмотрим ряд научно-практических результатов, которые, на наш взгляд, должны привлечь внимание специалистов к проблеме.

#### **Структура и функции вестибулярного анализатора.**

Вестибулярный анализатор – синоним: статокINETический анализатор – совокупность структур, ответственных за восприятие и анализ поз и положений тела в пространстве; вместе с мозжечком обеспечивают координацию движений, равновесие тела. Функционально ВА связан с двигательным, зрительным, слуховым, тактильным и другими анализаторами, а также системами мозга.

Вестибулярный анализатор состоит из отделов: периферического, проводникового и коркового [10, 13, 26, 27]. Каналы и полости в височной кости образуют костный лабиринт вестибулярного анализатора, который частично заполнен перепончатым лабиринтом. Между костным и перепончатым лабиринтами находится жидкость – перилимфа, а внутри перепончатого лабиринта – эндолимфа. Периферический отдел вестибулярной сенсорной системы находится во внутреннем ухе. ВА – парный орган. Состоит из аппарата предверия (отолитового анализатора) и аппарата полукружных каналов. Отолитовый анализатор предназначен для анализа действия силы тяжести при изменениях положения тела в пространстве и ускорений прямолинейного движения. Подвергается непрерывному воздействию гравитацион-

ного ускорения, изменение которого ощущается как изменение положения тела или головы. Даже в состоянии полного покоя человек не пассивен, его поза все время поддерживается импульсами, идущими от отолитового анализатора и мозжечка (стояние – это частный случай движения человека [23]). А. А. Ухтомский [15] предложил назвать такое состояние человека «оперативным покоем».

Аппарат полукружных каналов служит для анализа действия центробежной силы при вращательных движениях. Адекватным его раздражителем является угловое ускорение. Три дуги полукружных каналов расположены в трех взаимно перпендикулярных плоскостях: передняя – во фронтальной плоскости, боковая – в горизонтальной, задняя – в сагиттальной.

При вращательных движениях в результате инерции эндолимфа отстает от движения костной части и оказывает давление на одну из поверхностей купулы. Отклонение купулы изгибает волоски рецепторных клеток и вызывает появление нервных импульсов в вестибулярном нерве. Наибольшие изменения в положении купулы происходят в том полукружном канале, положение которого соответствует плоскости вращения.

Наклоны головы и туловища вперед и назад, кувырки, перевороты, обороты, сальто вперед или назад спортсмены выполняют в сагиттальной плоскости, вокруг фронтальной оси тела. Преимущественно раздражаются сагиттальные полукружные каналы.

Наклоны головы и туловища влево и вправо, перекаты, кувырки, перевороты, обороты, вращения боком спортсмены выполняют во фронтальной плоскости, вокруг сагиттальной оси тела. Преимущественно раздражаются фронтальные полукружные каналы.

Повороты головы и туловища налево и направо, повороты в стойке на руках, скатывания по наклонной плоскости в позе выпрямившись или сгруппировавшись, вращения в виси на кольцах и др. преимущественно раздражают горизонтальные полукружные каналы. Упражнения выполняются в горизонтальной плоскости, вокруг продольной оси тела.

Установлено, что левый и правый ВА имеют разный уровень восприятия и оценки движений, кумуляции вестибулярной нагрузки, моторной координации. Более активная и точная оценка движений левым или правым ВА совпадает с более удобной (маневренной) стороной поворотов и вращений при выполнении гимнастических и акробатических упражнений. При выполнении спортивных упражнений с ограниченным зрительным контролем за движением в пространстве «ответственность» сенсорных систем организма, в том числе вестибулярной, за точность поз и положений тела, за качество движений тела многократно возрастает [4–6].

Вестибулярный анализатор в интеграции с другими сенсорными системами организма выполняет ряд функций приоритетного значения: 1) пространственно-временного анализа движений на опоре и в безопор-

ном положении; 2) слежения за устойчивостью движения партнера (партнеров) в групповом двигательном взаимодействии; 3) статического равновесия тела; 4) динамического равновесия тела; 5) устойчивости к укачиванию и физическим перегрузкам; 6) противостояния радиоактивным и отравляющим веществам (в том числе и алкоголю); 7) устойчивости к изменению атмосферного давления, климатогеографических условий; 8) устойчивости к изменению поля гравитации Земли, относительно кратковременной невесомости [5, 10, 11, 13].

Организм плохо переносит не только перераздражения, но и отсутствие раздражений ВА (например, в космическом полете, где на космонавта не действует сила тяжести, ВА не раздражается). В невесомости, в результате потери массы отолитами и эндолимфой ориентация в пространстве может осуществляться только посредством зрения. Возбудимость вестибулярного анализатора повышается, что может вызвать нарушение вегетативных функций (кровенного давления, дыхания, частоты сердцебиений и др.). Отсутствие нагрузки на опорно-двигательный аппарат уменьшает импульсы от проприорецепторов, что ведет к снижению тонуса коры больших полушарий и скелетных мышц. При длительном пребывании в состоянии невесомости и отсутствии специальных мышечных упражнений возможна атрофия мышц вследствие выделения больших количеств кальция и фосфора [26].

Спортсмены также сталкиваются с относительно кратковременной невесомостью при прыжках на лыжах с трамплина, при прохождении некоторых участков трасс в бобслее и гигантском слаломе, при прыжках в воду, прыжках на батуте и др. Отсутствие адекватной тренировки ВА приводит к нарушению сенсомоторной координации, что, в свою очередь, приводит к техническим ошибкам в движениях спортсменов.

**Цель исследования** – выполнить анализ и дать оценку сенсомоторной координации как основе технической подготовки.

**Методы исследования:** анализ и обобщение научно-методической литературы, вестибулометрия, стабилото-

графия, тестирование, экспертная оценка, контрольные задания, вестибулярная тренировка.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В исследовании приняли участие гимнасты в возрасте 7–17 лет ( $n = 360$ ); квалифицированные (МС) гимнасты, акробаты прыгуны на дорожке в возрасте 18–20 лет ( $n = 12$ ); высококвалифицированный (МСМК) прыгун на батуте в возрасте 21 года ( $n = 1$ ); МС и МСМК парно-групповые акробаты в возрасте 15–27 лет ( $n = 87$ ); высококвалифицированные спортсмены, представляющие пять видов спорта, в возрасте 23–28 лет ( $n = 7$ ).

Степень развития и тренированности ВА характеризуют: чувствительность – способность воспринимать, анализировать и оценивать пороги раздражения, т. е. выполнять эффективно тонкий и полный анализ движения; устойчивость – способность противостоять сколько угодно большой вестибулярной нагрузке (одномоментной или протяженной во времени) в интересах реализации программы движений. Эти функции ВА представляют собой основные элементы биологической обратной связи, регламентирующей эффективную двигательную деятельность.

### ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ

Показатели чувствительности и устойчивости ВСС детей и подростков, занимающихся по программе общеобразовательного учреждения, достигают положительных индивидуально-возрастных значений к 12–14 годам у мальчиков и 11–13 – у девочек. Под влиянием программы вестибулярной тренировки, прирост статокINETической устойчивости детей в возрасте 10–12 лет достигает высоких результатов (до 40 % исходного уровня) [4, 5, 28].

На основании концепции И. С. Беритова [1] об активной роли ВА в управлении движениями человека мы провели исследования чувствительности ВА у гимнастов и акробатов высокой квалификации ( $n = 12$ ) в возрасте 18–20 лет. Тест – проба Беритова: испытуемого с повязкой на глазах с известного ему места (исходное положение) переносили сидящим на стуле по неизвестному для него пути с возвращением на исходное положение. С открытыми глазами ему предлагали повторить пешком путь, по которому его пронесли на стуле. Зарегистрированы различные индивидуальные результаты воспроизведения пути испытуемыми. Однако 75 % результатов свидетельствуют о положительном решении поставленных двигательных задач. На рисунке 1 приведены результаты исследования акробата А.Д. Можно полагать, что испытуемый получал объектив-

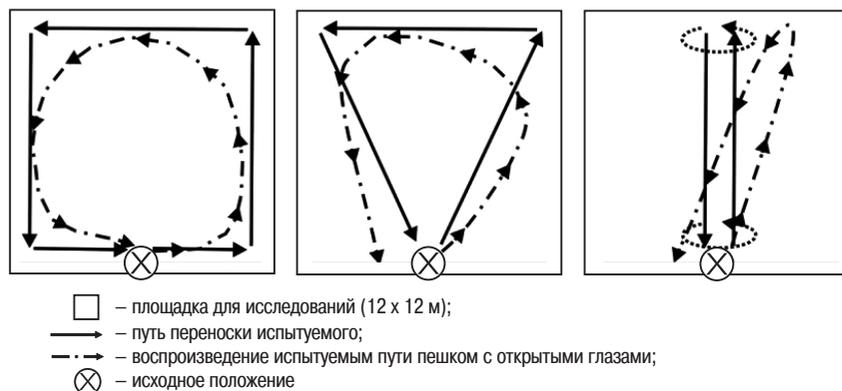


РИСУНОК 1 – Решение двигательных задач испытуемым А.Д. (в тесте – проба Беритова)

ную информацию от рецепторов полукружных каналов и отолитового анализатора, подвергнутых механическому раздражению в результате движения эндолимфы в них, вызванных лифтными и линейными колебаниями идущих помощников и несущих на руках стул с испытуемым, а также от движения воздуха, но оно ничтожно мало. Других источников информации в месте проведения исследований не было.

Информация распознается, классифицируется и по эфферентным путям передается на исполнительные органы. Чувствительность ВСС несет основную нагрузку по оценке направления, протяженности и формы пути, возможно, и времени выполнения пробы Беритова. «... У здоровых детей ориентация в пространстве может происходить на основе зрительной и вестибулярной рецепции. Очевидно, лабиринтные раздражения головы при ходьбе или переносах обеспечивают восприятие как длины, так и величины угла поворота. При этом ребенок проецирует пройденный путь во внешней среде. У него создается образ данного пути, который надолго сохраняется и тем самым обеспечивает в будущем передвижение его точно по этому пути» [1].

Специализированное чувство площадки, на которой соревнуются занимающиеся спортивными видами гимнастики (площадка или поле – в других видах спорта), оценка направлений перемещения по ней, а также ориентировка в пространстве при выполнении упражнений (например, с гимнастическим предметом) – это один из факторов спортивно-технических достижений на основе развития и совершенствования чувствительности ВА.

### СТАТОКИНЕТИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПОСЛЕ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ НАГРУЗКИ

Прыгуну на батуте ставили задачу выполнить на одном тренировочном занятии наибольшее количество оборотов и поворотов тела вокруг фронтальной и продольной осей для того, чтобы установить объем (в градусах) выполненной вращательной (сальтовой) нагрузки, который приводит к возникновению и кумуляции вестибулярных раздражений, дискоординирующих движения спортсмена. В исследовании принял участие МСМК по прыжкам на батуте И. Б. Контрольная связка состояла из трех прыжков на батуте: сальто назад в группировке (360°)–сальто назад прогнувшись (360°)–сальто назад прогнувшись (360°) с поворотом на (360°). Таким образом, в одной прыжковой связке спортсмен выполнил оборотов и поворотов на сумму 1440°. Названную прыжковую связку спортсмен повторял 10 раз (один контрольный подход). В одном контрольном подходе вращательная нагрузка была равна

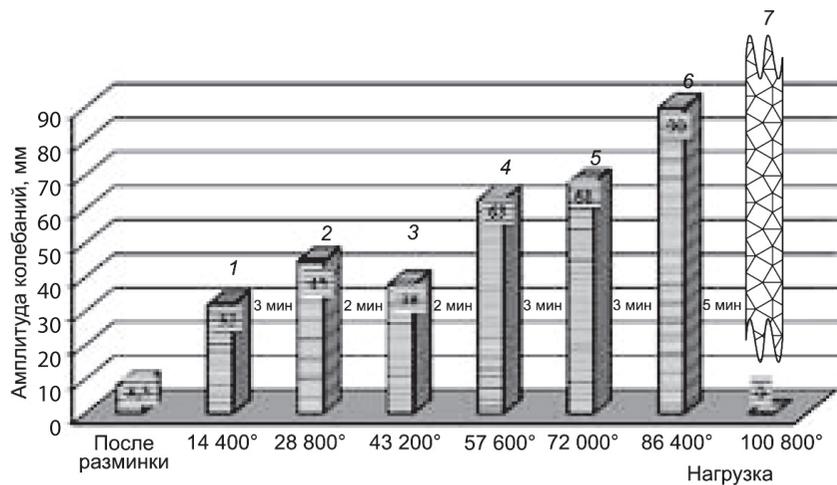


РИСУНОК 2 – Вращательная (сальтовая) нагрузка прыгуна на батуте И.Б. и ее влияние на сенсомоторную координацию по стабилграфическим показателям устойчивости тела: А, мм – амплитуда колебаний тела; мин – отдых между контрольными подходами

14 400°. После разминки и после каждого контрольного подхода методом стабилграфии оценивали координацию вертикального положения тела спортсмена в стойке с сомкнутыми стопами, руки на поясе (контрольный тест). На рисунке 2 показана сумма вращательной нагрузки в градусах после каждого контрольного подхода, реакция организма на нагрузку, выраженная через устойчивость тела в стойке с сомкнутыми стопами, руки на поясе (амплитуда колебаний тела). Время отдыха между контрольными подходами было регламентировано на основании анализа соматических и вегетативных реакций, а также учета субъективного состояния спортсмена и его готовности к продолжению исследования. Резко негативная кумуляция раздражений ВА от вращательной нагрузки у испытуемого наступила после шестого контрольного подхода (86 400°). Потребовался отдых 5 мин, чтобы можно было выполнить седьмой контрольный подход. Спортсмен превысил 100 800° вращательной нагрузки. Дальнейшее проведение исследований стало невозможно. Регистрировали побледнение кожи лица, дискоординацию ортоградного положения тела, шатающуюся походку и даже тошноту, по признаку испытуемого.

### ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ ДОЗИРОВАННОЙ НАГРУЗКИ НА СТАТОДИНАМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ТЕЛА СПОРТСМЕНОВ

Ставили задачу изучить статодинамическую устойчивость (СДУ) тела спортсменов, выполняющих различные функциональные обязанности в парно-групповой акробатике после адекватной вестибулярной нагрузки. В исследованиях приняли участие акробаты высокой квалификации в возрасте 15–27 лет (n = 87). Мужские пары – МП (нижние – Н, верхние – В); женские пары – ЖП (Н, В); смешанные пары – СП (Н, В); женские группы – ЖГ (Н, средние – С, В); мужские группы – МГ (Н, первые средние – 1С, вторые средние – 2С, В).

ТАБЛИЦА 1 – Показатели статодинамической устойчивости тела акробатов, выполняющих различные функциональные обязанности (амплуа) в парногрупповом двигательном взаимодействии, зарегистрированные до и после вестибулярной нагрузки (n = 87)

Функциональные обязанности	Статодинамическая устойчивость						Стабилизация, т, с
	До вестибулярной нагрузки			После вестибулярной нагрузки			
	время фиксации равновесия тела, т, с	амплитуда колебаний тела, А, мм	частота колебаний тела, f, гц	т, с	А, мм	f, гц	
В, n = 32	25,4 ± 4,9	17,1 ± 3,5	4,1 ± 0,4	9,4 ± 2,68	36,16 ± 4,2	5,36 ± 0,33	76,12 ± 3,6
С, 2С, n = 13	23,5 ± 4,8	19,1 ± 5,1	3,8 ± 0,39	9,05 ± 2,74	38,75 ± 4,8	5,05 ± 0,3	83,1 ± 3,7
Н, 1С, n = 42	16,3 ± 4,1	26,4 ± 6,9	3,3 ± 0,32	6,2 ± 1,50	50,28 ± 6,33	3,93 ± 0,24	148,76 ± 7,51

**Ход измерений.** Испытуемый фиксирует на стабилोगрафе вертикальную сомкнутую стойку на носках, руки вверх, глаза закрыты (тест – проба Бирюк [3]). Далее, выполняет пять кувырков вперед за 5 с с закрытыми глазами (преимущественно раздражаются сагиттальные полукружные каналы ВА), отрывает глаза, принимает ортоградное положение и, субъективно оценив готовность, выполняет тест. Регистрируются: время фиксации равновесия, время готовности к выполнению теста после вестибулярной нагрузки, амплитуда и частота колебаний тела, время стабилизации статокINETической устойчивости по нормализации стабилотрамм [7].

Анализ стабилотрамм выполнения теста раскрыл индивидуальный характер сохранения равновесия тела с отражением специфики видов акробатики и выполняемых спортсменами функциональных обязанностей в паре или группе. Адекватная спортсменам вестибулярная нагрузка ухудшила СДУ тела (p < 0,05) (табл. 1). Вопреки добротному сформированному у акробатов навыку СДУ тела (об этом свидетельствуют исходные стабилотрамм измерений равновесия тела) и спортивно-технической подготовленности (все испытуемые – МС и МСМК), вестибулярная нагрузка в два и более раз сократила время фиксации равновесия и увеличила амплитуду колебаний тела. Привела к выраженному повышению частоты колебаний тела у В, С, 2С. Они вынуждены были после вестибулярной нагрузки потратить 3,2–6,0 с на концентрацию двигательных действий, чтобы быть готовыми выполнить тест (у Н, 1С – 6,4–8,3 с).

Стабилизация СДУ после вестибулярной нагрузки имеет индивидуальный характер с проявлениями профессиональной направленности деятельности в видах акробатики и амплуа спортсменов. Зарегистрировано более короткое время стабилиза-

ции СДУ у В – МП, МГ, СП; С – ЖГ (76,12 ± 3,6; 83,1 ± 3,7 с); у Н, 1С – МГ (148,76 ± 7,51 с). При этом возраст акробатов не вносит достоверных изменений в СДУ; установлен факт лучшей СДУ у женщин; высокий рост и большая масса тела спортсменов (Н, 1С) влияют негативно на время стабилизации СДУ после вестибулярной нагрузки.

В дальнейшей научно-исследовательской работе ставили задачу изучить критерии оценки СДУ тела спортсменов высокой квалификации по показателям длины траектории общего центра давления стоп на опору (стабилотрамм) при выполнении пробы Ромберга сложной. Такой подход оказался не случайным. При изучении способов регуляции позы тела гимнастов, при решении двигательных задач на устойчивость тела в тестах [6, 7], установлено, что тест – проба Ромберга сложная оказалась «крепким орешком» даже для спортсменов высокой квалификации: у некоторых испытуемых зарегистрирована дискоординация вертикального положения тела, приведшая к большой амплитуде колебаний тела и значительному расходованию энергии.

Спортсмены, которых мы пригласили для исследования устойчивости тела в пробе Ромберга сложной, также принадлежат к элите мирового спорта в прыжках в воду, фристайле, спортивной гимнастике, акробатических прыжках на дорожке, спортивной акробатике [5]. Для измерения устойчивости равновесия тела выбран тест, который требует от испытуемых проявления стратегии управления сенсомоторной координацией в условиях активной фронтальной регуляции позы тела (стопы по линии по схеме «пятка–носок») с открытыми и закрытыми глазами. В таблице 2 представлены результаты выполнения пробы Ромберга сложной семью спортсменами: два прыгуна в воду – И. К., А. З.; два фри-

ТАБЛИЦА 2 – Показатели соотношения длины траектории общего центра давления стоп на опору (стабилотрамм) в сагиттальной (S) и фронтальной (F) плоскостях как критерия оценки статодинамической устойчивости тела при выполнении пробы Ромберга сложной (n=7), мм

Время, т, с	Испытуемый													
	И. К.		А. З.		А. А.		О. В.		А. К.		Ю. В.		Ч. А.	
	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F
0–20	1008	901,6	1305	966,7	690,5	625,2	999,1	565,1	780,4	707,1	1014	975,1	545,1	577,4
0–8	350,1	309,6	548,7	380,4	265,5	193,3	382,4	210,8	272,6	253,4	368,4	334,5	205,6	203,1
8–12	204,7	170,1	255,9	179,4	130,8	101,1	202,2	132,5	180,5	161,7	294,9	264,5	147,1	150,9
12–20	453,7	421,9	500,8	406,8	294,1	330,7	414,4	221,7	371,8	297,7	458,2	433,1	231,3	227,1

стайлиста – А. А., О. В.; один гимнаст – А. К.; один акробат прыгун на дорожке – Ю. В.; один верхний спортсмен мужской акробатической пары – Ч. А.

Упражнения соревновательных программ прыгунов в воду, занимающихся фристайлом, прыжками на акробатической дорожке содержат преимущественно вращательный тип движений. В упражнениях гимнаста А. К. содержатся движения – упражнения как вращательного, так и статического, стоечного характера. Спортсмен А. К. является одним из лучших в мире в упражнениях на брусках. У спортсмена Ч. А., верхнего мужской акробатической пары, которая является победителем и призером крупных международных турниров в балансовом упражнении, преобладает стоечный тип движений. Для Ч. А. характерно стремление к проявлению высокой СДУ тела в системе взаимодействующих тел. Цифровой материал таблицы 2 содержит обширную научную информацию об особенностях СДУ тела спортсменов при выполнении пробы Ромберга сложной. На основании анализа полученных научных фактов стало возможным выделить критерии оценки качества регуляции позы тела испытуемых. У спортсменов И. К., А. З. и Ю. В. длина траектории общего центра давления тела на стабิโลграф при выполнении пробы Ромберга сложной за 20 с составляет в сагиттальной плоскости более 1000 мм; во фронтальной плоскости длина траектории близка к тысяче мм.

Испытуемый А. А. фиксировал пробу Ромберга сложную с показателями в S- и F-плоскостях, равными соответственно 690,5 и 625,2 мм. Победитель Кубка мира в упражнениях на брусках А. К. имеет следующие показатели: в S-плоскости – 780,4 мм, в F-плоскости – 707,1 мм. У верхнего акробата Ч. А. длина траектории общего центра давления тела на опору равна в S-плоскости – 545,1 мм, в F-плоскости – 577,4 мм. Если рассматривать полученный цифровой материал с позиции того научного факта, что СДУ тела лучше, если амплитуда колебаний тела спортсмена меньше, то показатели испытуемых Ч. А., А. А. и А. К. могут служить критериями оценки качества выполнения пробы Ромберга сложной. Нам известно, что в учебно-тренировочных занятиях спортсменов А. К. и Ч. А. стоечной подготовке уделяется большое внимание. Соотношение длины траектории общего центра давления тела на опору при выполнении пробы Ромберга сложной в процессе подготовки к закрыванию глаз и их закрыванию (отрезок 8–12 с) характеризует пяти-семикратное улучшение двигательных действий и осуществление биомеханически рациональной регуляции позы тела близко изолинии, как в S-, так и F-плоскостях у всех испытуемых. Однако у занимающегося фристайлом А. А. и верхнего акробата Ч. А. преднастройка (8–12 с) перед фиксацией пробы Ромберга сложной с закрытыми глазами (12–20 с) показательна в том аспекте, что соотношение длины траектории общего центра давления тела на опору в S- и F-плоскостях приближается к единице. Это может свидетельствовать

об образцовом управлении спортсменами А. А. и Ч. А. позой тела, когда колебания тела спортсмена минимизированы, а длина траектории общего центра давления стоп на опору значительно уменьшена. Подтверждает сделанный вывод результат СДУ тела испытуемого Ч. А. с закрытыми глазами (12–20 с): в S-плоскости – 231,3 мм, в F-плоскости – 227,1 мм. [7] Результаты исследований согласуются с теорией установки Узнадзе [14] и теорией сенсомоторной координации движений Бернштейна [2].

## ВЕСТИБУЛЯРНАЯ ТРЕНИРОВКА КАК ЧАСТЬ КООРДИНАЦИОННОЙ ТРЕНИРОВКИ

**Вестибулярная тренировка** – система специальных упражнений, направленных на повышение устойчивости человека к факторам, действующим на организм при его активных или пассивных перемещениях в пространстве, является частью координационной тренировки спортсменов. Направлена на снижение уровня вестибулярных реакций организма на нагрузку, совершенствование СМК спортсменов [5].

**Принципы вестибулярной тренировки.** 1. Систематическое, дозированное, последовательное выполнение упражнений программы, с учетом функционального состояния организма спортсмена, уровня вестибулярной устойчивости и спортивного мастерства. 2. Всесторонность воздействий вестибулярной нагрузки на полукружные каналы и отолитовый аппарат занимающегося. 3. Учет специфики вида спорта.

**Методы вестибулярной тренировки:** активный, пассивный, активно-пассивный; повторный, интервальный, строго регламентированный.

**Средства вестибулярной тренировки** (приводим примерные упражнения и вспомогательные средства из программ Ориентация, Координация, Поза тела, Равновесие, Двигательное взаимодействие).

1. Общеразвивающие упражнения, выполняемые в разном темпо-ритме; бег; езда на велосипеде по пересеченной местности.

2. Упражнения «малой» акробатики и гимнастики (перекаты, кувырки и их комбинации, стойки, акробатические падения, прыжки в глубину, размахивания в висе, санжировка на перекладине); упражнения в парах.

3. Движения головой: повороты головы, наклоны головы, вращения головой в разных плоскостях на месте и при передвижении с открытыми и закрытыми глазами.

4. Упражнения в равновесии статического и динамического характера на разной высоте, зауженной, шагающейся, движущейся опорах; сноуборд; катание на санках.

5. Упражнения на кольцах и трапеции в каче; качелях, в том числе четырехштанговых [16].

6. Упражнения на воде и при нырянии; «народные» прыжки в воду; серфинг.

7. Упражнения на тренажерах (кресло Барани, Ренские колеса разной модификации).

8. Прыжки на батуте; на комплексе батут–яма с поролоном; надувных резиновых камерах; упражнения с использованием больших мячей (фитболов).

9. Подвижные и спортивные игры.

Выполнение упражнений регламентировано. Объем, дозировка, продолжительность, интенсивность выбираются тренером (научным работником, врачом) с учетом реакции организма на нагрузку и результатов оценки статокINETической устойчивости, уровня функциональной и технической подготовленности.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ТЕСТЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

**Тест: проба с кувырками.** Пять кувырков вперед в группировке за 5 с и десять прыжков максимально вверх в центре круговой градуировки. Преимущественно раздражаются сагиттальные полукружные каналы вестибулярного анализатора и отолитовый анализатор. Прыжки выполнять с соединенными ногами, руки на пояс, смотреть перед собой (рис. 3).

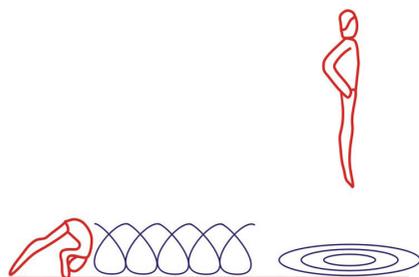


РИСУНОК 3 – Тест: проба с кувырками

Оценка: средняя арифметическая трех наибольших отклонений от центра круговой градуировки не должна превышать 35 см. Коэффициент надежности теста – 0,734–0,990.

**Тест: проба с поворотами переступанием.** Исследование вестибулярной устойчивости и динамического равновесия. Пять поворотов на 360° с переступанием на месте за 5 с в наклоне вперед, руки вниз. Выпрямиться и пройти вперед по прямой линии 5 м. Преимущественное раздражение фронтальных полукружных каналов ВА. Повороты выполнять на слегка согнутых ногах; при ходьбе смотреть прямо перед собой (рис. 4).

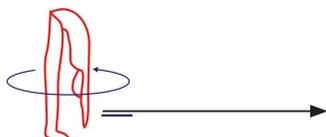


РИСУНОК 4 – Тест: проба с поворотами переступанием

Оценка: средняя арифметическая шести наибольших отклонений тела влево–вправо при ходьбе по пря-

мой не должна превышать 25 см. Коэффициент надежности теста – 0,583–0,891.

**Тест: исследование проприорецептивной чувствительности в измененных условиях гемодинамики и раздражений отолитового анализатора.** Нажать на динамометр кистью удобной руки с силой, равной 200 Н. Три попытки выполнить со зрительным контролем и три попытки – без зрительного контроля в стойке на голове при помощи партнера. Коэффициент надежности теста – 0,723–0,982 (рис. 5).

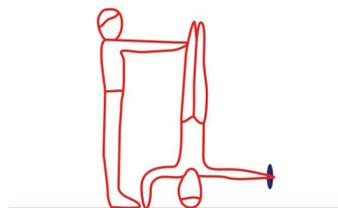


РИСУНОК 5 – Тест: оценка проприорецептивной чувствительности в измененных условиях гемодинамики и раздражений отолитового анализатора

Оценка: средняя ошибка трех попыток не должна превышать 10 Н.

**Тест: исследование пространственной ориентировки в условиях относительно кратковременной невесомости.** Нажать на динамометр кистью удобной руки с силой, равной 200 Н. Три попытки выполнить со зрительным контролем и три попытки – без зрительного контроля при прыжке в глубину выпрямившись с высоты 3 м на поролоновые маты (h = 50 см). Преимущественное раздражение отолитового анализатора (рис. 6). Коэффициент надежности теста – 0,719–0,982.

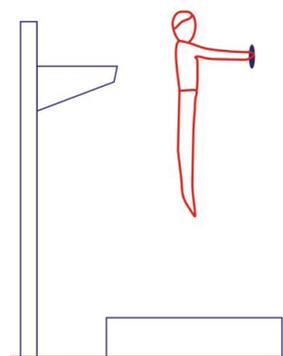


РИСУНОК 6 – Тест: оценка пространственной ориентировки в условиях относительно кратковременной невесомости

Оценка: средняя ошибка трех попыток не должна превышать 10 Н.

**Тест: проба Яроцкого.** Стойка с сомкнутыми стопами, руки прижаты к туловищу, глаза закрыты. Вращение головой в удобную сторону в темпе два вращения за 1 с (рис. 7). Измерение уровня развития вестибулярной устойчивости.

Оценка: фиксировать равновесие тела 16 с – удовлетворительно, 20 с – хорошо, 35 с – отлично.

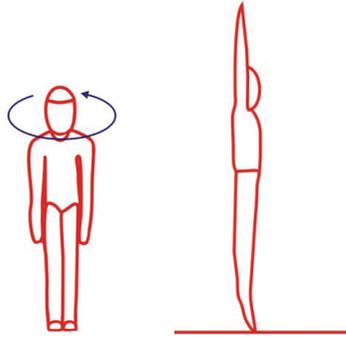


РИСУНОК 7 – Тест: проба Яроцкого [ 9]

РИСУНОК 8 – Тест: проба Бирюк [3]. Статистический анализ теста (test–retest) [18,19]

**Тест: проба Бирюк.** Сомкнутая стойка на носках, руки вверх, глаза закрыты (рис. 8). Исследование двигательного навыка сохранения равновесия продолжительное время. Коэффициент надежности теста – 0,490–0,920. Оценка: фиксировать 15–20 с.

**Тест: проба Циммермана.** Испытуемому предлагается ходить с закрытыми глазами по прямой в круге ( $d = 5$  м), делая обычные шаги вперед, по команде «стоп» повернуться на 180° и продолжать движение до очередной команды «стоп». Выполнить восемь раз.

Оценка: отклонение тела вправо и влево от прямой не должно превышать 35–45°. Тест характеризует уровень развития динамического равновесия; ориентировку в пространстве; симметрию–асимметрию движений (рис. 9).

**Выводы**

1. Сенсомоторная координация человека (спортсмена) – это результат интеграции показателей функционирования сенсорных систем организма, где одной из ведущих является вестибулярная сенсорная система, осуществляющая согласование двигательных действий во времени, в пространстве и по степени мышечных напряжений в покое и движении, на опоре и в безопорном положении тела; ответственна за равновесие тела, сенсомоторную коррекцию выполняемых движений и их пространственную организацию.

2. Развитие сенсомоторной координации является основой технической подготовки и подготовленности, так как совершенствует двигательные действия, позволяющие чувствовать и оценивать позы тела, положения тела и их мультипликации в фазовой структуре спортивных упражнений; организовывать рациональную биомеханическую передачу свойств (сенсомоторных, скоростно-силовых, пространственно-временных) от

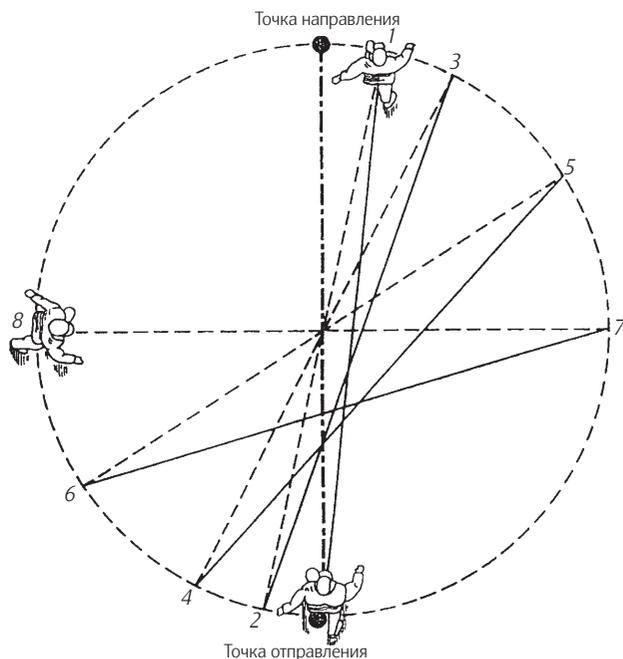


РИСУНОК 9 – Тест: проба Циммермана [17]

предшествующих к последующим позам тела без лишних двигательных перестроек, выполнять движения – упражнения в соответствии с канонами спортивной техники.

3. Повышение уровня сенсомоторной координации достигается выполнением упражнений программы «Вестибулярная тренировка», построенной на основе знаний уровня развития вестибулярной сенсорной системы занимающегося (функциональная подготовленность), специфики и требований, разработанных в видах спорта к спортивно-технической подготовленности. Программа содержит подпрограммы упражнений и используемых технических средств по направлениям: Ориентация, Координация, Равновесие, Поза тела, Двигательное взаимодействие. Механизмы и техники ее реализации: принципы, методы, средства, элементы регламентации и контроля.

**Перспективы исследований.** Детальное изучение сенсомоторной координации на системной основе, включающей повышение знаний о специфике видов спорта, индивидуальных особенностях занимающихся, росте сложности соревновательных программ и соответствии функциональной (вестибулярной) готовности исполнителей. Научное обоснование методологии реализации индивидуальных программ упражнений, повышающих сенсомоторную координацию.

**Литература**

1. Беритов ИС. *Нервные механизмы поведения высших позвоночных животных [Nerve mechanisms of animal behavior]*. Москва: АН СССР; 1961. с. 240-83.  
 2. Бернштейн НА. *О ловкости и ее развитии [On agility and its development]*. Москва: Физкультура и спорт; 1991. 288 с.  
 3. Бирюк ЕВ. *Исследование функции равновесия тела и пути ее совершенствования при занятиях художественной гимнастикой [Study of body equilibrium function and ways of its improvement during practicing artistic gymnastics]* [автореферат]. Москва; 1972. 29 с.

4. Болобан В. Сенсомоторная координация как основа технической подготовки [Sensorimotor coordination as the basis of technical preparation]. *Наука в олимпийском спорте*. 2006;2:96–102.
5. Болобан В.Н. *Регуляция позы тела спортсмена [Regulation of athlete posture]*: Монография. Киев: НУФВСУ, издательство Олимпийская литература; 2013. 232 с.
6. Болобан В.Н., Литвиненко Ю.В., Оцулок А.П. Критерии оценки статодинамической устойчивости тела спортсмена и системы [Criteria for estimating statodynamic stability of athlete body and system]. *Физическое воспитание студентов*. 2012;4:17–24.
7. Болобан В., Мистулова Т., Вишниовски В. Статодинамическая устойчивость тела спортсмена и системы тел в условиях изменения вестибулярной афферентации [Statodynamic stability of athlete body and system of bodies under changed vestibular afferentation]. В сб.: *V Международный научный конгресс Олимпийский спорт и спорт для всех*. Минск; 2001. с. 102.
8. Гавердовский Ю.К. *Обучение спортивным упражнениям. Биомеханика. Методология. Дидактика [Sports exercise training. Biomechanics. Methodology. Didactics]*. Москва: Физкультура и спорт; 2007. 912 с.
9. Геселевич В.А. *Проба Яроцкого. Медицинский справочник тренера [Yarotskogo sample. Medical guide of coach]*. Москва: Физкультура и спорт; 1981. с. 147.
10. Краткая медицинская энциклопедия [Brief medical encyclopaedia]. 1989. Том 1; с. 204; Том 2; с. 185.
11. Парин В.В., Баевский Р.М., Емельянов М.Д., Хазен И.М. *Очерки по космической физиологии [Essays on cosmic physiology]*. Москва: Медицина; 1967. 136 с.
12. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения [System of athletes' preparation in the Olympic sport. General theory and its practical applications]. Киев: Олимпийская литература; 2004. с. 301–421.
13. Сили Р.Р., Стивенс Т.Д., Тейт Т. Специфические виды чувств [Specific kinds of feelings]. В кн.: *Анатомия и физиология*. Киев: Олимпийская литература; 2005. Том 1; с. 525–70.
14. Узнадзе Д.Н. *Психология установки [Psychology of setting]*. Санкт-Петербург: Питер; 2001. 416 с.
15. Ухтомский А.А. Доминанта [Dominant]. Санкт-Петербург: Питер; 2002. 448 с.
16. Хиллов К.Л. *Функция органа равновесия и болезнь передвижения [Function of equilibrium organ and motion sickness]*. Ленинград: Медицина; 1969. 280 с.
17. Циммерман Г.С. *Ухо и мозг [Ear and brain]*. Москва: Медицина; 1967. 404 с.
18. Boloban V. Systemic stabilography: methodology of measuring, estimating and controlling sportsman balance and the system of bodies. In: *Coordination motor abilities in scientific research*. Biala Podlaska; 2005. p. 102–9.
19. Boloban W, Wisniowski W, Niznikowski T, Ludwik E. Strukturalno-funkcjonalna analiza westybularno-sensorowego systemu mlo-dych sportowcow jako podstawa do budowy programow nauczania typu algorytmicznego. In: *Trening sportowy na przelomie wiekow*. Warszawa: AWF; 2002. s. 57–60.
20. Hannaford Cr. Zmyslne ruchy, ktore doskonala umyst. V kn.: *Podztawy kineziologii edukacyjnej*. Warszawa: Medyk; 1998. s. 11–47.
21. Maas V.F. *Uczenie si? przez zmysly. Wprowadzenie do teorii integracji sensorycznej*. Warszawa: WSiP; 1998. 176 s.
22. Raczek J. *Antropomotoryka*. Warszawa: PZML; 2010. 337 s.
23. Romberg M. *Nervenkrankheiten des Menschen*. Berlin; 1840. 142 p.
24. Sadowski J, Wofosz P, Zielinski J. *Koordynacyjne zdolnosci motoryczne i umiejetnosci techniczne koszykarzy*: Monografie i Opracowania nr 13. Biata Podlaska: WWFIS; 2012. 169 s.
25. Лауреаты Нобелевской премии по физиологии или медицине в 2014 году [Лауреаты Нобелевской премии по физиологии или медицине в 2014 году] [Интернет].
26. <http://www.brain tools.ru /article/9796>.
27. <http://medpuls.net/guide/lor/fiziologiya-vestibulyarnogo-analizatora>.
28. <http://biofile.ru/bio/19496.html>.

Перепечатано из: *Наука в олимпийском спорте*, № 2, 2015.