

Методические рекомендации по использованию стабилметрических методов оценки функций равновесия у спортсменов в летних видах спорта

Москва 2013

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	3
1. Возможности стабиллографии в спорте.....	5
2. Особенности функций равновесия у спортсменов, специализирующихся в летних видах спорта.....	9
3. Диагностические стабиллометрические методики (тест Ромберга, тест с поворотом головы, оптокинетический тест, тест корреляции стабиллограмм и дыхания и др.) и их использование в летних видах спорта.....	18
4. Исследовательские стабиллометрические методики (стабиллографическая проба, допусковый контроль, тест «Мишень», тест на устойчивость, тест со ступенчатым отклонением, тест с эвольвентой, тест «Треугольник», тест на изометрическое сокращение мышц ног) и их использование в летних видах спорта.....	23
5. Билатеральные стабиллометрические исследования в спорте (билатеральный тест, билатеральная «Мишень», билатеральный тест Ромберга, билатеральный оптокинетический тест, билатеральный тест с поворотом головы) и их использование в летних видах спорта..	31
Заключение.....	35

Введение

Значительный вклад в развитие биомеханики равновесия тела связан с разработкой методики стабиллографии, позволившей с большой точностью исследовать статодинамическую устойчивость тела спортсмена. Методика стабиллографии приобрела актуальное значение в измерении и оценке статодинамической устойчивости в видах спорта, где умение сохранять равновесие определяет спортивный результат: спортивная и художественная гимнастика, стрельба, акробатика, прыжки в воду и прыжки на батуте, борьба и др.

При всей сложности комплекса аппаратуры, используемой в методике стабиллографии, спортсмен во время измерений не обременяется креплением датчиков к биозвеньям тела, ему лишь необходимо встать на стабиллографическую платформу и выполнить ряд тестов на равновесие (проба Ромберга, проба Бирюк и др.) либо контрольное упражнение (например, стойка на руках или поворот на 360° в стойке на одной ноге и др.).

Стабилометрические методы решают ряд актуальных спортивно-педагогических задач:

- 1) исследование статодинамической устойчивости тела спортсмена и системы тел, количественная и качественная оценка этой устойчивости, дополнение знаний о спортивной технике упражнений;
- 2) осуществление контроля качества обучения упражнениям, связанным со сложным двигательным навыком сохранения равновесия тела;
- 3) определение функционального состояния организма спортсмена по показателям статодинамической устойчивости;
- 4) определение уровня и динамики тренированности функции балансирования в системе взаимодействующих тел;
- 5) проведение прогнозирования и профессиональный отбор спортсменов в команду.

По итогам стабиллографических обследований даются индивидуальные заключения об уровне и динамике статодинамической устойчивости в структуре функциональной и технической подготовленности спортсменов. Серию тестов можно модифицировать и дополнить в зависимости от контингента испытуемых и задач исследования, а также в соответствии со специфическими требованиями того или иного летнего вида спорта.

Таким образом, применение стабиллометрических методов оценки функций равновесия может значительно повысить эффективность подготовки спортсменов в летних видах спорта.

1. Возможности стабилотграфии в спорте

Деятельность человека в значительной степени определяется способностью экономично и с большим рабочим эффектом удерживать определенные позы, изменять их, добиваясь гармонии в движениях. Рациональные движения и позы определяют результат деятельности человека и поэтому регуляция позы тела человека является предметом исследований и экспериментов на протяжении многих десятилетий и даже веков. Еще в середине XIX в. немецкий врач Ромберг ввел в клинику наблюдения за вертикальным положением тела при стоянии (известная проба Ромберга – оценка колебаний тела и тремора рук при стоянии в сомкнутой стойке с закрытыми глазами, руки вперед) и им было установлено, что координация вертикального положения тела при стоянии является индикатором функционального состояния организма человека, уровня его здоровья.

В дальнейшем проблемы сохранения равновесия тела стали предметом детальных исследований и обобщений. Данные многочисленных клинических исследований позволили установить, что прямохождение – это врожденный рефлекс и установка тела. Однако наряду с условно-рефлекторными предпосылками реализации функции равновесия тела человеку необходима постоянная тренировка (с самого рождения) органов и систем, обеспечивающих устойчивость тела.

При всей сложности комплекса аппаратуры, используемой в методике стабилотграфии, спортсмен во время измерений не обременяется креплением датчиков к биозвеньям тела, ему лишь необходимо встать на стабилотграфическую платформу и выполнить ряд тестов на равновесие (проба Ромберга, проба Бирюк и др.) либо контрольное упражнение (например, стойка на руках или поворот на 360° в стойке на одной ноге и др.).

Методика стабилотграфии в спорте приобрела за последние годы ряд новых «специальностей». Наряду с биомеханической оценкой устойчивости

стабилография используется при изучении функционального состояния организма, оценке уровня переносимости тренировочных и соревновательных нагрузок по показателям координации вертикального положения тела, при профорientации и профотборе в команды и др.

Современный этап исследований статодинамической устойчивости тела и системы тел - это электронная стабилография. Использование современного прикладного программного обеспечения, разработанного в среде DELPHI 3, и блока сопряжения стабилографической платформы с персональным компьютером дало возможность создать автоматизированный измерительный комплекс «Стабилограф», позволяющий оперативно выполнять оценку индивидуальной устойчивости к перемещению общего центра масс (ОЦМ) тела или системы тел по сагиттальной и фронтальной плоскостям.

В состав комплекса входят: тензостабилографическая платформа; тензоусилитель ТОПА3-4; блок нормирующих усилителей (БНУ); плата ввода-вывода аналоговых сигналов ADA-1292; персональный компьютер со специальным программным обеспечением.

Стабилометрические методы решают ряд актуальных спортивно-педагогических задач:

- 1) исследование статодинамической устойчивости тела спортсмена и системы тел, количественная и качественная оценка этой устойчивости, дополнение знаний о спортивной технике упражнений;
- 2) осуществление контроля качества обучения упражнениям, связанным со сложным двигательным навыком сохранения равновесия тела;
- 3) определение функционального состояния организма спортсмена по показателям статодинамической устойчивости;
- 4) определение уровня и динамики тренированности функции балансирования в системе взаимодействующих тел;

5) проведение прогнозирования и профессиональный отбор спортсменов в команду.

Компьютерная стабилография на современном уровне развития позволяет выделить следующие направления ее в физической культуре и спорте: научно-исследовательское; контроль функционального состояния спортсменов; обучение и тренинг на основе компьютерных технологий; диагностика и реабилитация в спортивной медицине; использование в сфере спортивных услуг.

Научно-исследовательское направление в настоящее время включает в себя исследования собственно функции равновесия, как традиционное направление в следующих видах спорта: стрельба, гимнастика, прыжки в воду, тяжелая атлетика, борьба, прыжки на лыжах с трамплина, биатлон, групповая акробатика и др. Актуально также исследование системы управления движениями человека, при котором позное равновесие рассматривается как один из видов движений, эволюционно предшествующее локомоторным движениям. Следует рассматривать произвольные и произвольные движения, а также их рефлекторные и кортикальные компоненты. Не менее значимы исследования равновесия человека в комплексе с другими системами жизнеобеспечения, психофизиологией спортсмена и его состоянием в экстремальных и неблагоприятных ситуациях.

Контроль функционального состояния спортсменов на основе методов и средств компьютерной стабилографии сегодня не имеет альтернатив по комфортности и времени обследования, высокой чувствительности к отклонениям функционального состояния, возможности формирования индивидуальных и групповых нормативов, а также мониторингу текущего состояния спортсменов. Контроль в спорте и физической культуре традиционно разделяется на следующие виды:

1) Отбор как на первоначальном этапе, так и на определенных этапах многолетней тренировки, важно в следующих видах спорта: горнолыжный, прыжки в воду, акробатика прыжковая, групповая акробатика, спортивная гимнастика, воздушная акробатика, альпинизм и др.

2) Текущее обследование состояния различных систем организма спортсмена: сердечно-сосудистой, дыхательной, различных систем ЦНС, мышечной, а также психологического состояния спортсмена. К этому разделу можно отнести и оценку общего состояния спортсмена, его готовности к сложнокоординационной деятельности в ходе тренировочного процесса, а также оценку воздействия различной нагрузки на адаптационные процессы спортсменов. Стабилографический контроль функционального состояния спортсмена может быть рекомендован для всех видов спорта ежедневно, или хотя бы через 1 – 2 дня.

3) Этапное обследование позволяет оценивать состояние спортсменов после выполнения тренировочных нагрузок определенного временного периода, рекомендуется проводить не реже одного раза в 1 – 2 месяца. Рекомендуется также проводить 1 раз в год в комплексном медицинском обследовании спортсмена.

Обучение и тренинг на основе стабилографических технологий направлены на совершенствование управления спортсменами отдельными мышечными группами, формирование правильной начальной позы в соответствии с требованиями спортивной специализации, формировании осанки и адекватного сохранения равновесия после возмущений и т.п.

Диагностика и реабилитация в спортивной медицине аналогичны методам, используемым в обычной медицине с поправкой на кондиционные возможности спортсменов, характер травм и скорость их восстановления.

2. Особенности функций равновесия у спортсменов, специализирующихся в летних видах спорта

Функции равновесия наиболее развиты у спортсменов летних видов спорта, соревновательная деятельность которых связана с устойчивостью в вертикальной позе (спортивная и художественная гимнастика, борьба, стрельба, акробатика, прыжки в воду и прыжки на батуте и др.).

Особенности функций равновесия у стрелков

Поза стрелка существенно отличается от обычной позы стояния. Для обеспечения устойчивости системы «стрелок-оружие» требуются значительные мышечные усилия. Это, прежде всего, относится к фазе подготовки - положения с оружием для выполнения прицельного выстрела. Она должна обеспечить:

- 1) устойчивость оружия при оптимальном напряжении мышц;
- 2) длительное пребывание в одной позе во время стрельбы;
- 3) удобное расположение головы для создания благоприятных условий работы глаза во время прицеливания.

Поэтому способность стабилизировать равновесие во время выполнения тонко координированных локальных движений - важнейшее условие совершенства спортивной техники.

Стрелковый спорт предъявляет к человеку специфические требования к симметричности или, наоборот, асимметричности развития опорно-двигательного аппарата и основных органов чувств и способствует этому развитию. Поза асимметрична, часто с большей опорой на одну ногу, поворотами головы, рук, туловища. На стрелка действуют «возмущающие» факторы, нарушающие вертикальный баланс: ограничение зрительного контроля при прицеливании, удержание оружия, соревновательный стресс, прогрессирующее центральное и периферическое утомление. Это создает

особые условия не только для проявления моторной асимметрии, но и сенсорных асимметрий (зрения, мышечного чувства, вестибулярного аппарата).

В работе Бердичевской (2008) целью явился анализ роли функциональной асимметрии зрения в поструральном контроле у спортсменов, специализирующихся в пулевой стрельбе из винтовки. Было обследовано 10 квалифицированных стрелков (мсмк, мс и кмс), для которых характерен типичный профиль сенсомоторных асимметрий - «абсолютное правшество» по признакам доминирования руки - ноги - зрения - слуха.

Так, устойчивость прямостояния в условиях, приближенных к соревновательным (при взгляде вдаль без слежения за маркером), определяется в большей степени резервами ведущего правого глаза (А). Отклонения ОЦЦ достоверно возросли (по сравнению с бинокулярным контролем) только в сагиттальной плоскости (Q_y и D_y), а отклонения во фронтальной плоскости (Q_x и D_x) даже уменьшились; в итоге радиус, площадь, скорость и длина СКГ не изменились.

Монокулярный контроль левым глазом сопровождался не только увеличением отклонения в сагиттальной плоскости, но и ростом длины, скорости, площади и радиуса СКГ, автоколебания во фронтальной плоскости не изменились. Напротив, в ситуации целенаправленного произвольного управления положением тела при слежении за расположенным непривычно близко для стрелка маркером (Б) устойчивость прямостояния при монокулярном контроле за счет левого глаза даже улучшилась. Это относится к отклонению ОЦЦ во фронтальной плоскости, радиусу, площади, скорости и длине СКГ. Изменения для ведущего глаза отсутствовали. Таким образом, сравнительная характеристика устойчивости прямостояния при монокулярном зрительном контроле обнаруживает различный вклад ведущего и неведущего глаза в зависимости от привычной или непривычной для стрелка ситуации тестирования.

Характер монокулярного контроля определял не только автоколебания, преимущественно во фронтальной плоскости, но и локализацию ОЦЦ в системе пространственных координат (исходя из показателя математического ожидания). При взгляде вдаль (без слежения за маркером) в условиях бинокулярного и монокулярного контроля ОЦЦ смещался вперед и влево, особенно при сохранности контроля за счет правого глаза. В ситуации слежения за маркером при бинокулярном контроле ОЦЦ находился максимально близко к центру стабиллоплатформы (несколько вперед и влево).

При прицеливании правым глазом ОЦЦ достоверно смещался вправо и кзади, следствием чего являлось смещение вектора расположения тела в пространстве. При прицеливании левым глазом ОЦЦ возвращался в исходное положение системы координат, которое занимал при бинокулярной обратной связи. Видимо, одним из физиологических механизмов описанных закономерностей является высокая степень ответственности правого полушария за зрительно-пространственный гнозис и формирование «схемы тела» на основе содружества с кинестетической и проприоцептивной афферентацией.

При необычном для стрелков прицеливании левым глазом сохранение месторасположения ОЦЦ стоп и оптимизация прямостояния осуществлялись за счет роста напряженности позных регуляций. Так, корреляционный анализ по Спирмену показал, что число достоверных КК значительно возрастало. При бинокулярном контроле они составляли 33% (от всех возможных комбинаций), при монокулярном прицеливании ведущим глазом -24%, неведущим- 48%.

Особенности функций равновесия у борцов

По сравнению с обычными условиями стояния и передвижения в пространстве условия борцовского поединка предъявляют повышенные требования к функции равновесия у борцов. Это связано с постоянным и

обоюдным взаимодействием спортсменов, стремлением вывести противника из равновесия и перевести его в положение лежа на спине. Следовательно, высокая способность регулировать равновесие тела в условиях противоборства является важной составной частью успешного результата в борцовском поединке.

Различными авторами показано, что у борцов способность поддерживать равновесие сравнительно выше, чем у спортсменов или у спортсменов других видов, или, например, танцоров балета. Однако физиологические механизмы этого феномена остаются не выясненными. Среди причин повышенной устойчивости борцов могут быть особенности их телосложения.

Очевидно, что при прочих равных условиях спортсмен с более коротким телосложением будет иметь преимущества в поддержании устойчивости позы перед борцом с длинной и узкой структурой тела. Данное можно предположить на основе представления кинематической модели вертикально стоящего человека в виде перевернутого маятника с осью вращения в голеностопных суставах.

Поскольку в спокойном положении основной стойки основными балансировочными колебаниями являются движения в голеностопных суставах, то высокий рост тела должен уменьшать устойчивость позы. Известно, что с ростом квалификации спортсменов все более специфичным становится их телосложение. У борцов больше преобладают характеристики мезоморфного типа. Вероятно, это обусловлено влиянием спортивного отбора, поскольку специфические антропометрические данные дают биомеханические и другие преимущества спортсменам и способствуют достижению результата в конкретном виде.

В работе Савина и Мельникова (2010) изучали особенности равновесия борцов, а также взаимосвязь между стабилографическими показателями устойчивости позы и антропометрическими данными. Исследование было

выполнено в группах борцов-самбистов с квалификацией кандидат в мастера спорта и мастер спорта РФ ($n = 31$). Средний возраст спортсменов составил $23,1 \pm 3,9$ года. Стаж занятий борьбой самбо – 12 ± 5 лет. Недельная нагрузка за последний месяц была в среднем $14,3 \pm 5,5$ ч. Контрольную группу составили здоровые студенты, не занимающиеся никаким видом спорта (возраст $20,3 \pm 2,3$ года, $n = 40$).

При оценке функции равновесия выявились минимальные различия между борцами и контрольной группой в положении ОС-ОГ, при котором только угловая скорость была снижена у борцов, отражая более совершенную у них регуляцию вертикальной позы в обычных условиях. Напротив, в положении ОС-ЗГ все скорости колебания ЦД у борцов были меньше, чем в контроле.

Следует отметить, что устойчивость позы снизилась в обеих группах в позе с закрытыми глазами относительно положения с открытыми глазами: площадь эллипса статокинезиграммы и скорости колебания ЦД значительно возросли. Схожие различия между группами были выявлены и в положении полуприсед: все линейные и угловые скорости колебания ЦД были ниже у борцов.

Таким образом, результаты оценки функции равновесия указывают, что с усложнением условий поддержания статической позы различия между борцами и неспортсменами начинают проявляться наиболее существенно. Повышенная устойчивость позы в ОС-ЗГ, как правило, связывают с повышенной чувствительностью проприоцептивного анализатора у спортсменов-борцов. Снижение скоростей колебания ЦД у борцов в полуприседе, по-видимому, обусловлено повышенной устойчивостью к локальному утомлению мышц, обеспечивающих выполнение полуприседа. - мышц ног и туловища. Известно, что под влиянием физического утомления регуляция статического равновесия ухудшается.

Кроме вышеуказанных факторов, определенное значение в регуляции устойчивости позы могли иметь антропометрические данные испытуемых. Для выяснения взаимосвязи между антропометрией и статическим равновесием был проведен корреляционный анализ. УСС в положении ОС-ОГ коррелировала с массой тела, клинической базой, с обхватом грудной клетки, со становой силой и индексом общей работоспособности PWC170.

Множественный регрессионный анализ показал, что из всех коррелируемых переменных независимую связь с УСС в положении ОС-ОГ имели следующие переменные: клиническая база и PWC170. Схожие линейные корреляционные взаимосвязи были выявлены между антропометрическими данными и УСС в положении ОС-ЗГ. Множественным регрессионным анализом выявлены те же переменные, независимо связанные с УСС в ОС-ЗГ - клиническая база.

Таким образом, угловая средняя скорость колебания ЦД определялась главным образом клинической базой и аэробной физической работоспособностью. Поскольку клиническая база не отличалась в группах, то снижение УСС у борцов в основной стойке в основном было связано с повышенной аэробной работоспособностью, а не антропометрическими различиями.

Таким образом, из всех изученных в исследовании антропометрических данных наибольшее значение для регуляции равновесия в обычной стойке при отсутствии зрительной информации имеют длина ног и длина туловища. Связь регуляции равновесия с различными антропометрическими данными испытуемых устанавливали многие исследователи. Так, рост тела, высота свода стопы, длина стопы и ширина пятки стопы, а также масса тела и клиническая база коррелировали с показателями функции равновесия.

В эксперименте показано, что ведущим фактором, определяющим повышенную постуральную устойчивость женщин относительно мужчин в тесте с закрытыми глазами, был сниженный рост тела. Данные о ведущем

значении длины ног и туловища в регуляции постуральной устойчивости не согласуется с данными работы, в которой авторы выявили множество корреляций различных антропометрических данных с максимальной амплитудой колебаний головы, пупка, колена и лодыжки в трех плоскостях, но не смогли выделить ведущий антропометрический фактор.

Особенности функций равновесия у теннисистов

Основа правильной индивидуализации технического мастерства в теннисе лежит в развитии и совершенствовании координационных способностей. В этой связи возникает проблема поиска адекватных и объективных средств контроля за уровнем координации для работы с теннисистами. Работа по тестированию уровня развития координационных способностей включает в себя проведение оценки системы управления движениями с использованием биомеханического стенда на основе инструментальной методики - стабилоанализатор компьютерный «Стабилан-01» с биологической обратной связью.

В работе Шестакова и соавт. (2008) приняло участие 24 ребенка 12-14 лет, занимающихся не менее 2 лет теннисом. Эксперимент строился по классической схеме. Испытуемые были распределены в экспериментальную и контрольную группы рандомизированным способом по 12 человек в каждой.

В работе анализировались параметры стабильности, связанные с отклонениями общего центра давления (ОЦД) испытуемого в пробе «Ступени» - точности выполнения двигательного задания, в пробе «Треугольник» - площади пространственной фигуры, воспроизводимой по памяти, в пробе «Эвольвента» - средней ошибке отклонений в сагиттальной и фронтальной плоскостях от задаваемого образца.

Перед началом педагогического эксперимента было проведено тестирование с использованием вышеописанной батареи тестов, а также

специального тестирования по оценке техники выполнения теннисных приемов. В течение шести месяцев в контрольной группе использовались упражнения по развитию общих и специальных координационных способностей на основе установленных индивидуальных характеристик проявления координации каждого спортсмена.

Для коррекции тренировочного процесса было проведено повторное тестирование детей после трех месяцев тренировок. В экспериментальной группе тренировочные занятия строились по программе, близкой к программе детско-юношеской спортивной школы. После шести месяцев тренировок было проведено заключительное тестирование по оценке сдвигов в показателях, характеризующих различные проявления координационных способностей и технических навыков теннисистов.

Предварительное тестирование перед началом проведения педагогического эксперимента показало статистически достоверное отсутствие разницы по всем анализируемым показателям у спортсменов обеих групп. В контрольной группе были определены особенности проявления координационных способностей для каждого игрока и оценка точности выполнения теннисных действий.

В соответствии с данными тестирования каждому игроку была предложена программа тренировки по развитию как ординарных координационных способностей, так и специфических. Упражнения по развитию ординарных координационных способностей выполнялись в рамках занятий по физической подготовке по 20 мин., три раза в неделю.

Целенаправленная тренировка по сопряженному развитию специфических координационных проявлений и совершенствованию техники выполнения теннисных действий проводилась на корте во время регулярных занятий. Программа тренировочных занятий строилась на основе составления индивидуальных тренировочных танов игроков. Тренировочные

средства выбирались из разработанной авторами систематизации упражнений, состоящей из нескольких пулов.

Первый пул включал упражнения, направленные на развитие способности к оценке временных, пространственных и пространственно-временных параметров движений. Во втором пуле упражнения были направлены на развитие способности к согласованному движению разными частями тела между собой. Упражнения третьего пула были направлены на развитие способности к ориентации в пространстве.

Упражнения, направленные на выполнения быстрых целенаправленных движений всем телом на точность, составляли четвертый пул. Развитие ритма при выполнении различных двигательных действий способствовали упражнения пятого пула. В шестом пуле использовались упражнения, направленные на комплексное развитие координационных способностей. Регулирование выполнения упражнений во всех пулах осуществлялось с учетом следующих характеристик: интенсивность, координационная сложность, длительность - индивидуально для каждого спортсмена.

По результатам заключительного тестирования с использованием стабиллоанализатора «Стабилан-01» с биологической обратной связью можно было сделать выводы о достоверном положительном сдвиге основных показателей тестов «Ступени», «Эвольвента», «Треугольник» в экспериментальной группе по сравнению с данными в контрольной. Также отмечается достоверные улучшения выполнения основных теннисных ударов на точность, выполняемых на корте в экспериментальной группе.

3. Диагностические стабилметрические методики (тест Ромберга, тест с поворотом головы, оптокинетический тест, тест корреляции стабิโลграмм и дыхания) и их использование в летних видах спорта

При проведении стабилметрических методик используется комплекс (рис. 1), состоящий из: стабилоанализатора компьютерного с биологической обратной связью «Стабилан-01»; монитора; программного обеспечения StabMed 2.

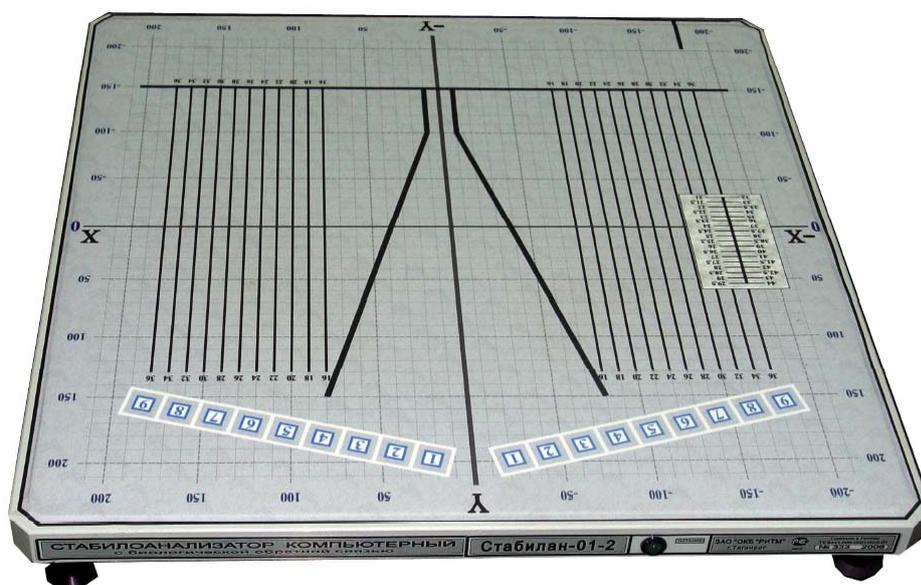


Рис. 1. Стабилоанализатор компьютерный с биологической обратной связью «Стабилан-01»

Для оценки статодинамической устойчивости (СДУ) тела спортсмена и системы тел предлагается следующий комплекс тестов:

1. Проба Ромберга усложнённая (вертикальная поза тела, руки вперёд, пальцы разведены, стопы расположены на одной линии «пятка - носок»); выполняется с открытыми глазами - 10 с и с закрытыми глазами - 10 с). Проба позволяет оценить качество координации вертикального положения

тела при стоянии в сложной позе; уровень сформированности навыков двигательной сенсорной системы по управлению устойчивости тела; характеризует качество нервно-мышечной активности.

Методика состоит из двух проб - с открытыми и закрытыми глазами. Она является основной при проведении обследований с целью контроля динамики эффекта тренировки и ряда других исследований.

Для анализа устойчивости позы используются следующие стабиллографические показатели колебаний ЦД:

- ЛСС, мм/сек – средняя линейная скорость колебания ЦД;
- УСС, град/сек – средняя угловая скорость;
- Средняя скорость – изменение направления векторов скорости движения ЦД;
- QX и QY (мм) - среднеквадратическое отклонение ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях;
- R (мм) - средний радиус отклонения ЦД;
- LX и LY длина траектории ЦД по фронтали и сагиттали (мм);
- V (мм/сек) - средняя скорость перемещения ЦД;
- S (мм²) - площадь СКГ;
- SV (мм²/с) – скорость изменения площади статокинезиграммы;
- КФР (%) - качество функции равновесия;
- ELLS (мм²) - площадь эллипса;
- IV (мм/с) - индекс скорости;
- OD (рад/с) - оценка движения;
- ELLE - коэффициент площади доверительного эллипса.

2. Тест с поворотом головы

Цель обследования состоит в выявлении изменений функции равновесия, связанные с нарушением кровообращения в вертебробазиллярном

бассейне. Методика состоит из трех проб - фоновой, поворотом головы направо и поворотом головы налево.

В пробе с поворотом головы налево использована звуковая стимуляция в виде тональных сигналов, количество которых необходимо сосчитать обследуемому человеку. При записи этой пробы спортсмен, стоя на стабиллоплатформе, должен максимально повернуть голову в левую сторону. В завершении записи на экране монитора появляется окно запроса количества звуковых сигналов.

Девияция - наибольшее отклонение от среднего положения. В результате обследования рассматривается разница между показателями проб. По резкому (более чем в 1.5 раз) ухудшению показателей можно судить о нарушении кровотока в пережатых сосудах головы со стороны, противоположной ее повороту.

3. Оптикинетический тест

Цель теста - выявить изменения функции равновесия, связанные с влиянием оптикинетического нистагма, вызванного движением по экрану черных и белых полос. Для проведения методики спортсмена устанавливают на стабиллоплатформу и запускают новое обследование, выбрав в списке методик - Оптикинетический тест. Методика состоит из пяти проб:

- фоновая;
- полосы вверх;
- полосы вниз;
- полосы вправо;
- полосы влево.

В конце приводится заключение по результатам теста для проб воздействия в сравнении с фоновой (первой) пробой, указываются величины смещения по фронтали и сагиттали, и во сколько раз изменилась величина девиации в каждой плоскости.

4. Тест корреляции стабилограмм и дыхания

Цель теста - выявить наличие дыхательной составляющей в стабилограмме. В норме у человека дыхание скомпенсировано, и его влияние на стабилограммы не видно. При наличии лее мозжечковых нарушений человек раскачивается в такт дыханию. Данная методика позволяет выявить эти отклонения. О наличии мозжечковых расстройств можно судить при совпадении составляющих стабилограмм с главными составляющими дыхания в спектрах.

5. Проба Бирюк (сомкнутая стойка на носках, руки вверх, глаза закрыты, фиксировать 15-20 с). Оценивается степень формирования двигательного навыка по поддержанию равновесия при уменьшенной площади опоры без зрительного контроля; тренированность и способность длительное время сохранять сложное равновесие; определяется механизм поддержания СДУ в условиях тренировочного и соревновательного процессов.

6. Проба «Динамическое равновесие» (исходное положение (и.п.) – сомкнутая стойка на носках, руки в стороны; 1 - наклон туловища вперёд; 2 – выпрямиться; 3 – наклон головы назад; 4 – и.п.; 5 – поворот туловища налево; 6 – и.п.; 7 – поворот туловища направо; 8 – и.п.). Оценке подлежат темпo - ритм и координация движений, размах колебаний тела по показателям длины кривой колебаний, частота коррекций и время стабилизации устойчивости после телодвижений.

7. Проба «Приземление» (и.п. - сомкнутая стойка на носках, руки в стороны (фиксация 5 с); быстрое опускание на стопы в полуприсед с полунаклоном, руки вперёд – в стороны (фиксация 5 с); встать, руки вниз). По показателям амплитуды колебаний тела и времени стабилизации

устойчивости определяется уровень формирования навыка устойчивого приземления.

8. Проба «Кувырки» (выполнение пяти кувырков вперёд в темпе 1 кувырок за 1 секунду с последующим принятием усложнённой позы Ромберга и фиксацией 10 с - с открытыми и 10 с - с закрытыми глазами). Оценивается уровень вестибулярной и статодинамической устойчивости по показателям биологической обратной связи.

9. Проба «Стойка на руках» (фиксация 10 с - с открытыми глазами и 10 с - с закрытыми). Анализируется качество координации вертикального перевёрнутого положения тела в стойке на руках в сложных условиях поддержания статодинамической устойчивости.

10. Проба «Пирамида колонна вдвоём» (стойка - верхнего ногами на плечах нижнего, фиксировать колонну 5 с - с открытыми глазами, 5 с – с закрытыми глазами верхнего, 5 с - с закрытыми глазами нижнего, 5 с – с закрытыми глазами обоих). Проба позволяет оценить статодинамическую устойчивость пирамиды колонна вдвоём и других равновесий данной структурной группы; индивидуальный вклад спортсменов в двигательное взаимодействие системы тел; выявить ведущего балансера системы.

4. Исследовательские стабилометрические методики (стабилографическая проба, допусковый контроль, тест «Мишень», тест на устойчивость, тест со ступенчатым отклонением, тест с эвольвентой, тест «Треугольник», тест на изометрическое сокращение мышц ног) и их использование в летних видах спорта

В этом разделе представлены методики дополнительного исследования человека. Их использование позволяет оценивать выраженность нарушений функции равновесия, запас устойчивости человека, исследование моторной и кратковременной двигательной памяти человека. Проведение методик основано на записи стабилографического сигнала в один или несколько этапов. После обработки записанных сигналов можно просмотреть результаты проведенного обследования.

Установка спортсменов на платформу производится без обуви, руки расположены вдоль туловища в европейской стойке: пятки вместе (расстояние между пятками 2 см), носки разведены на угол в 30 градусов).

Наиболее распространенные методики:

1. Стабилографическая проба

Цель пробы - оценить выраженность нарушений функции равновесия больного в основной (привычной для спортсмена позиции при вертикальном стоянии) позе. Стабилографическая проба реализуется с помощью модуля универсальной стабилографической пробы (УСП), при котором происходит запись сигнала стоящего на стабилоплатформе человека. Запись стабилографической пробы проводится в один этап.

В модуле У СП имеется большой набор различных вариантов видеостимуляций:

- цветные круги;
- мишень;

- движущиеся полосы;
- четыре зоны;
- фоновая и т.д.

Пользователь на основе видеостимуляций, содержащихся в УСП, имеет возможность создавать свои варианты пробы. Созданные пробы могут быть направлены на выявление усталости человека, отклонение его показателей от нормы, для исследования или для проверки общего состояния ведущих систем человека, отвечающих за регуляцию позы (функцию равновесия) человека.

На панели визуализаторов имеются закладки Статокинезеграмма, Стабилограммы, Гистограммы, Спектральный анализ, Анализ векторов, Диаграммы, Аниматор, Зоны предпочтения, Когерентный анализ.

Статокинезеграмма - графическое представление траектории движения ЦД в проекции на горизонтальную плоскость.

Стабилограмма - графики перемещения ЦД, представленные как функция от времени для фронтальной и сагиттальной плоскости.

Гистограмма - графическое изображение статистических распределений сигнала по количественному признаку. Гистограмма представляет собой совокупность смежных прямоугольников, построенных на одной прямой; площадь каждого из них пропорциональна частоте нахождения сигнала в интервале, на котором построен данный прямоугольник.

Спектральный анализ - способ математической обработки колебаний ЦД, определения основных частот и амплитуд колебаний ЦД. Анализ векторов - анализ перемещения ЦД, основанный на изучении облака векторов и функции распределения длин скоростей.

Аниматор - позволяет проводить визуальный анализ стабилограмм и воспроизводить изменение положения ЦД испытуемого во времени. Зоны

предпочтения - видоизмененное представление сигнала, представленного в виде пространственного графика плотности ЦД в каждой точке плоскости.

Когерентный анализ - предполагает вычисление взаимного спектра и функции когерентности двух сигналов их обработку и получение на выходе комплексного массива для взаимного спектра и двух вещественных массивов для функции когерентности. Используя данную функцию, пользователь может определить совпадают ли сигналы по частоте и фазе (т.е. являются ли сигналы корреляционными). Когерентный анализ возможен для сигналов большой длительности.

2. Допусковый контроль

Методика допускового контроля предназначена для проведения медицинского контроля индивидов перед тренировкой / рабочей сменой (предрейсового, предсменного, предполетного контроля), а также контроля после тренировки / смены. Для проведения методики спортсмена устанавливают на стабиллоплатформу (способы установки человека на стабиллоплатформу описаны в разделе) и запускают новое обследование, выбрав в списке методик - Допусковый контроль.

Методика состоит из трех проб:

- с открытыми глазами;
- с закрытыми глазами;
- «Мишень».

В результате выполнения теста выдаются результаты сравнения показателей КФР для проб с групповыми и индивидуальными нормами. Окончательное заключение строится на основании имеющихся норм, причем для сравнения и выдачи заключения берется самый худший результат. Результат сравнения с нормами для проб и окончательное заключение принимает одно из значений: норма, условная норма и не норма.

В случае соответствия результатов норме рекомендуется допуск к работе без ограничений. Если показатель текущего значения находится в условной норме, то обследование рекомендуется повторить через 5-10 минут. Результат повторного обследования, вошедший в норму, позволяет дать допуск к работе, в противном случае рекомендуется провести обследование другими средствами. Если же показатели находятся в зоне не нормы, рекомендуется отказать в допуске к работе, после чего провести обследование медицинскими и психологическими средствами.

Для построения индивидуальной нормы необходимо провести некоторое количество обследований для каждого спортсмена (пять обследований), устанавливая при этом одинаковые условия проведения для каждого обследования. В начале работы, когда необходимое количество обследований для построения индивидуальной нормы не набрано, выдается либо шкала соответствия показателей групповой норме (если групповая норма набрана с соответствующим условием проведения), либо просто значение КФР.

Детальная расшифровка результата дается к каждой пробе проведенного обследования. При неудовлетворительных или недостоверных результатах рекомендуется провести повторное обследование.

3. Тест Мишень.

Тест проводится в один этап со зрительной обратной связью. Испытуемый, стоящий на платформе, должен отклонением тела удерживать маркер в центре мишени при большом масштабе отображения.

Для анализа необходимо использовать следующие параметры:

- средний разброс смещений общего центра масс (ОЦМ) – средний радиус отклонения ОЦМ. Показатель определяет средний суммарный разброс колебаний ОЦМ: его увеличение говорит об уменьшении устойчивости спортсмена в обеих плоскостях;

- площади доверительного эллипса (ПДЭ). Это основная часть площади, занимаемой статокинезиграммой, которая характеризует рабочую поверхность площади опоры человека. Увеличение площади говорит об ухудшении устойчивости, а уменьшение – об улучшении;

- качество функции равновесия (КФР). Представляет собой математический анализ векторов смещения ОЦМ относительно осей координат. Полученный коэффициент выражается в процентах. Выбор данного параметра не случаен, так как он является самым стабильным показателем. Чем выше значение параметра, тем лучше устойчивость;

- коэффициент резкого изменения направления движения вектора (КРИНД). В математическом плане вычисление показателя заключается в процентном определении доли тех векторов, угол отклонения каждого из которых отличается от предыдущего вектора более чем на 45° . Считается, что увеличение значений показателя свидетельствует о не рациональном, расточительном использовании энергетических ресурсов организма.

4. Тест на устойчивость

Позволяет оценить запас устойчивости человека при отклонении в одном из четырех направлений - вперед, назад, вправо и влево. Для проведения методики спортсмена устанавливают на стабиллоплатформу и запускают новое обследование, выбрав в списке методик - Тест на устойчивость.

В поле ПНСС данного обследования располагаются два маркера красный и зеленый. Красный маркер отображает положение ЦД спортсмена. Зеленый маркер, управляемый компьютером, плавно смещается в одну из сторон. Задача спортсмена состоит в том, чтобы удерживать отклонением тела синий маркер на зеленом. Когда спортсмен теряет отслеживания маркера, он должен вернуть синий маркер в центр. После проведения обследования открывается окно обработки результатов.

Результаты обследования представлены в виде диаграммы, развернутой по направлениям тестирования. Длина каждого столбика определяется величиной отклонения в соответствующем направлении. Также приводятся числовые значения отклонения ЦД в миллиметрах для каждого направления. Полученные отношения сравнивают с нормативными значениями (нормативные значения располагаются справа от диаграммы), и на основе сравнения делают заключение.

5. Тест со ступенчатым отклонением

Методика направлена на исследование моторной памяти человека и оценки уровня чувствительности при управлении телом. Для проведения методики спортсмена устанавливают на стабиллоплатформу в основной стойке, руки скрещены на груди, глаза закрыты и запускают новое обследование, выбрав в списке методик - Тест со ступенчатым отклонением.

Во время записи исследуемый человек произвольно выполняет наклон туловища вперед на минимальную ощутимую им величину от вертикального положения и возвращается в исходное положение. Следующее отклонение должно быть выполнено с минимальным приростом относительно предыдущего. Проба выполняется до достижения максимума отклонения от вертикали, которым является отрыв пяток от опоры. После проведения обследования программа переходит к обработке результатов. В окне проведенного обследования «Тест со ступенчатым отклонением» для анализа результатов имеются закладки Результаты пробы «Проба со ступенчатым отклонением», Показатели, Анализ сигналов.

Оценивается количество отклонений, количество ошибок, минимальные и максимальные абсолютные значения отклонения центра давления в миллиметрах. Кинестетический анализатор играет роль внутреннего канала связи между всеми анализаторными системами и в силу этого занимает среди них особое положение. Показатели кинестетической

чувствительности связаны с качеством выполнения точных действий, например правильный и своевременный подход к мячу.

6. Тест «Эвольвента»

Данный тест является методикой, позволяющей оценить качество следящего движения. Испытуемый должен двигаться по заданной траектории, называемой эвольвента. Траектория эвольвенты представляет кривую, раскручивающуюся из центра до определенной амплитуды, затем делает несколько кругов и сворачивается опять к центру. Испытуемый должен удерживать свой маркер на маркере, задающем эвольвенту. Способность следящего движения оценивается по средней ошибке слежения за маркером в сагиттальной (MidErrY) и фронтальной (MidErrX) плоскостях; чем больше ошибок, тем ниже точность следящего движения по эвольвенте. Результат тренинга оценивается по анализу суммарной и средней ошибок слежения по каждому направлению (фронтали и сагиттали).

7. Тест «треугольник»

Данный тест является методикой, позволяющей оценить кратковременную двигательную память человека. Состоит из двух этапов проведения: обучения и анализа. На этапе обучения спортсмену следует изучить траекторию движения с помощью маркеров. На этапе анализа ему предлагается воспроизвести траекторию движения без вспомогательных маркеров. Для проведения методики спортсмена устанавливают на стабиллоплатформу и запускают новое обследование, выбрав в списке методик - Треугольник.

На этапе анализа с экрана монитора убираются маркеры. Перед спортсменом остается пустой экран серого цвета. Задача исследуемого человека продолжать перемещение ЦД по запомненной траектории. Если в графе Показывать маркер спортсмена на этапе анализа установлен «флажок»,

то на экране остается маркер, отображающий ЦД спортсмена (красный маркер). После проведения обследования программа переходит к обработке результатов. В окне проведенного обследования теста «Треугольник» для анализа результатов имеются закладки Результаты пробы «Треугольник», Показатели, Анализ сигналов.

Результат тренинга оценивается по сравнительному анализу показателей времени выполнения движения по определенной траектории, размеров пространственной фигуры, полученных в фазе обучения и в фазе воспроизводства.

8. Изометрическое сокращение мышц ног

Методика теста изометрического сокращения ног (ИСМН) предназначена для проведения пробы, позволяющей исследовать динамику усилия стоп. Для проведения методики спортсмена сажают на стул с задней стороны стабиллоплатформы так, чтобы обе его стопы были установлены на стабиллоплатформе. Положение стоп на платформе должно быть таким, что ось Y делит стопу 1:2 (ближе к пятке), а по оси X ступни равноудалены друг от друга.

В окне интерпретации приводится словесная расшифровка результатов обследования. На закладке Оценка динамики стопы имеются два окна визуализации графиков динамики стопы («Левая нога» и «Правая нога»), содержащие два графика: синий - график мгновенных значений и зеленый - усредненных значений и окно интерпретации. Динамика стопы показывает, какой частью стопы давил спортсмен (пяткой или носком), и было ли смещение (с носка на пятку или с пятки на носок). В окне интерпретации приводится словесная расшифровка результатов обследования.

5. Билатеральные стабилметрические исследования в спорте (билатеральный тест, билатеральная «Мишень», билатеральный тест Ромберга, билатеральный оптокинетический тест, билатеральный тест с поворотом головы) и их использование в летних видах спорта

1. Билатеральный тест

Билатеральный тест реализуется с помощью модуля универсальной стабیلлографической пробы (УСП), при котором происходит запись сигнала стоящего на двух стабیلлоплатформах человека.

Запись стабیلлографического сигнала билатеральной пробы проводится в один этап. В модуле УСП имеется большой набор различных вариантов видеостимуляций:

- открытые глаза (билатеральная);
- закрытые глаза (билатеральная);
- мишень (билатеральная);
- движущиеся полосы (билатеральная);
- фоновая (билатеральная).

Пользователь на основе видеостимуляций, содержащихся в УСП, имеет возможность создавать свои методики. Созданные методики могут быть направлены на выявление усталости человека, отклонение его показателей от нормы, для исследования или для проверки общего состояния ведущих систем человека, отвечающих за позную регуляцию человека.

2. Билатеральная «Мишень»

Тест проводится в один этап со зрительной обратной связью. Для проведения методики спортсмена устанавливают на стабیلлоплатформу и запускают новое обследование, выбрав в списке методик - Билатеральная «Мишень».

Спортсмен должен отклонением тела удерживать маркер в центре мишени при большом масштабе отображения (подробнее описание об этапах настройки и проведения тренинга в разделе «Мишень»). После проведения обследования открывается окно обработки результатов.

В окне визуализаторов находится закладка Результаты пробы «Билатеральная Мишень», на которой результат теста оценен в набранных спортсменом очках. Максимум, который можно набрать, составляет 100 очков: за один процент времени пребывания в зоне 10 дается 1 очко, в зоне 9 - 0.9, и т.д.

3. Билатеральный тест Ромберга

Методика состоит из двух проб - с открытыми и закрытыми глазами. Она является основной при проведении обследований с целью контроля динамики тренировки и ряда других исследований.

Для проведения методики спортсмена устанавливают на стабиллоплатформу и запускают новое обследование, выбрав в списке методик - Билатеральный тест Ромберга.

Тест состоит из двух проб: с открытыми и закрытыми глазами (подробнее описание об этапах настройки и проведения тренинга в разделе «Тест Ромберга»). Пробы проводятся последовательно.

Анализ Теста Ромберга заключается в сравнении показателей проб с открытыми и закрытыми глазами. Отношение показателей пробы с открытыми глазами к показателям пробы с закрытыми глазами в норме должно находиться в пределах от 1.0 до 2.0. В результате получается разница между показателями двух проб в количественном выражении - отношение показателей с закрытыми глазами к показателям с открытыми глазами.

В норме отношение должно быть в пределах 1.5-:-2.5. На закладке Нормы для теста Ромберга имеется таблица показателей, в которой рядом с каждым показателем приводится заключение о соответствии его норме. По

заклучению о соответствии норме можно делать заключение об изменении показателей в сторону улучшения или ухудшения до, и после проведения какого-либо вмешательства (тренировка, лечение и т.д.).

4. Билатеральный оптокинетический тест

Цель теста - выявить изменения функции равновесия, связанные с влиянием оптокинетического нистагма, вызванного движением по экрану черных и белых полос.

Для проведения методики спортсмена устанавливают на две стабиллоплатформы и запускают новое обследование, выбрав в списке методик - Билатеральный оптокинетический тест.

Методика состоит из пяти проб:

- фоновая,
- полосы вверх,
- полосы вниз,
- полосы вправо,
- полосы влево.

При запуске обследования появляется окно Проведения пробы. Пробы проводятся последовательно (подробнее описание об этапах настройки и проведения тренинга в разделе «Оптокинетический тест»). В каждой пробе вначале проводится «центрирование», нажатием кнопки [Центровка]. Затем проводится калибровка для каждой стабиллоплатформы. После чего, нажав кнопку [Запись], исследователь переходит к записи сигнала. При завершении всех проб теста программа переходит к обработке результатов обследования «Билатеральный тест Ромберга». В окне проведенного обследования имеются закладки Анализ воздействия проб, Заключение, Анализ динамики показателей в тесте.

В ней (закладке) приводится заключение по результатам теста для проб воздействия в сравнении с фоновой (первой) пробой, указываются величины

смещения по фронтали и сагиттали, и во сколько раз изменилась величина девиации в каждой плоскости.

5. Билатеральный тест с поворотом головы

Цель обследования состоит в выявлении изменений функции равновесия, связанные с нарушением кровообращения в вертебробазилярном бассейне.

Методика состоит из трех проб - с открытыми глазами, закрытыми глазами с поворотом головы налево и с закрытыми глазами с поворотом направо. Для проведения методики спортсмена устанавливают на стабиллоплатформу и запускают новое обследование, выбрав в списке методик - Билатеральный тест с поворотом головы.

Тест состоит из трех проб: открытые глаза, голова направо и голова налево. Пробы проводятся последовательно (подробнее описание об этапах настройки и проведения тренинга в разделе 2 «Тест с поворотом головы»).

В результате обследования рассматривается разница между показателями проб. По резкому (более чем в 1.5 раз) ухудшению показателей можно судить о нарушении кровотока в пережатых сосудах головы со стороны, противоположной ее повороту.

Заключение

В последние годы методика стабилографии приобрела актуальное значение в измерении и оценке статодинамической устойчивости в видах спорта, где умение сохранять равновесие определяет спортивный результат: спортивная и художественная гимнастика, стрельба, акробатика, прыжки в воду и прыжки на батуте, борьба и др. При всей сложности комплекса аппаратуры, используемой в методике стабилографии, спортсменов во время измерений не обременяется креплением датчиков к биоэлементам тела, ему лишь необходимо встать на стабилографическую платформу и выполнить ряд тестов на равновесие (проба Ромберга, проба Бирюк и др.) либо контрольное упражнение (например, стойка на руках или поворот на 360° в стойке на одной ноге и др.). Стабилометрические методы решают ряд актуальных спортивно-педагогических задач: 1) исследование статодинамической устойчивости тела спортсмена и системы тел, количественная и качественная оценка этой устойчивости, дополнение знаний о спортивной технике упражнений; 2) осуществление контроля качества обучения упражнениям, связанным со сложным двигательным навыком сохранения равновесия тела; 3) определение функционального состояния организма спортсмена по показателям статодинамической устойчивости; 4) определение уровня и динамики тренированности функции балансирования в системе взаимодействующих тел; 5) проведение прогнозирования и профессиональный отбор спортсменов в команду. По итогам стабилографических обследований даются индивидуальные заключения об уровне и динамике статодинамической устойчивости в структуре функциональной и технической подготовленности спортсменов. Серию тестов можно модифицировать и дополнить в зависимости от контингента испытуемых и задач исследования, а также в соответствии со специфическими требованиями того или иного летнего вида спорта.