

# Интегративная физиология

УДК 796 + 616.711

## ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА, КОМПОНЕНТОВ СОСТАВА ТЕЛА И СТАБИЛОМЕТРИИ У ТЯЖЕЛОАТЛЕТОВ ВЫСШЕЙ СПОРТИВНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

*А.П. Исаев, К.А. Алексеев, Н.В. Меньшикова, А.С. Смирнов,  
Р.В. Хоменко, Л.С. Рычкова*

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск*

Современные тренировочные двигательные действия (ДД) в тяжелой атлетике оказывают большое воздействие на опорно-двигательный аппарат (ОДА), композицию состава тела, постурологические характеристики, проекцию позвоночника спортсменов. Полифункциональные и метаболические изменения охватывают интегративно целостную деятельность организма, начиная с ЦНС и заканчивая клеточным уровнем адаптивно-компенсаторных сдвигов. Успешная спортивная результативность обеспечивается интегративной деятельностью функциональной системы организма тяжелоатлетов. В исследовании применялась компьютерная стабилметрия, ультразвуковое сканирование позвоночника, импедансная диагностика состава тела, неинвазивный анализатор физиологического и метаболического состояния, электроэнцефалография, электромиография. Обследованию подвергались 12 спортсменов в возрасте 19–23 лет спортивной квалификации МС, МСМК, победители и призеры международных турниров, чемпионы Европы, мира. Обследование проводилось на заключительных этапах подготовки к социально значимым соревнованиям. Выявлены и интерпретированы основные взаимосвязи между показателями ОДА, композицией состава тела и постурологических характеристик, проекцией позвоночника спортсменов, благодаря чему возможна дальнейшая коррекция тренировочных ДД для успешной спортивной результативности. Интегративная морфофункциональная оценка состояния спортсменов позволяет сбалансированно рассматривать анатомо-физиологические и биомеханические алгоритмы индивидуальной соревновательной деятельности, своевременно корректировать ее и состояние согласно полученным данным. Основные позы тяжелой атлетики характеризуют ориентацию любого сегмента тела относительно вектора силы тяжести.

*Ключевые слова: интегративная деятельность, детерминация, композиция состава тела, компьютерное моделирование, трехмерное сканирование позвоночника, постурология, статико-кинестическая устойчивость, биомеханика двигательных действий, адаптивно-компенсаторные изменения, суставы, основная стойка, анализаторные системы, коррекция деятельности, стратегии управления движениями.*

Физические упражнения в тяжелой атлетике (ТА) вызывают в мышечной клетке изменение числа миофибрилл, массы митохондрий, размера саркоплазматической сети, массы хроматина и др. прямое влияние на спортивные достижения оказывают число миофибрилл (определяет уровень силовой подготовленности) и масса митохондрий (определяет мощность аэробных процессов). Заметим, что с ростом силы коррелирует увеличение саркоплазматического ретикула, масса хроматина, а с ростом массы

митохондрий капилляризация мышечного волокна. В нашей модели рассматриваются процессы адаптации ОДА, состава тела и стабилметрии к воздействию физических упражнений, вызывающих изменения в указанных системах, обеспечивающих высокую спортивную результативность. При этом ускоренный синтез миофибрилл возможен при сочетании нескольких обязательных условий:

– повышенной концентрации свободного креатинина;

– повышенной концентрации ионов водорода;  
– адекватном содержании в крови и тканях аминокислот;  
– анаболических гормонов.

Указанные интеграции обуславливают развитие статокINETической устойчивости (СКУ), детерминирующей биомеханику ДД, а также системный анализатор, позволяющий получить информацию о физиологических и метаболических индикаторах состояния тяжелоатлетов.

В исследовании применялась компьютерная стабилметрия, ультразвуковое сканирование позвоночника, импедансная диагностика состава тела, неинвазивный анализатор физиологического и метаболического состояния, электроэнцефалография, электромиография.

Обследованию подверглись 12 спортсменов в возрасте 19–23 лет спортивной квалификации МС, МСМК, победители и призеры международных турниров, чемпионы Европы, мира. Обследование проводилось на заключительных этапах подготовки к социально значимым соревнованиям. Массив полученных наблюдений был подвергнут предварительному анализу. Для этого были определены ряды с высоким коэффициентом вариации (V) (рис. 1), а также, согласно критерию Шовене, нами установлены пограничные состояния для каждого показателя, за которыми стоят грубые ошибки.

На рис. 2 приведены примеры грубых ошибок в рядах данных. Убрав их из дальнейшего рассмотрения, получим ряды однородных данных, пригодные для дальнейшего анализа.

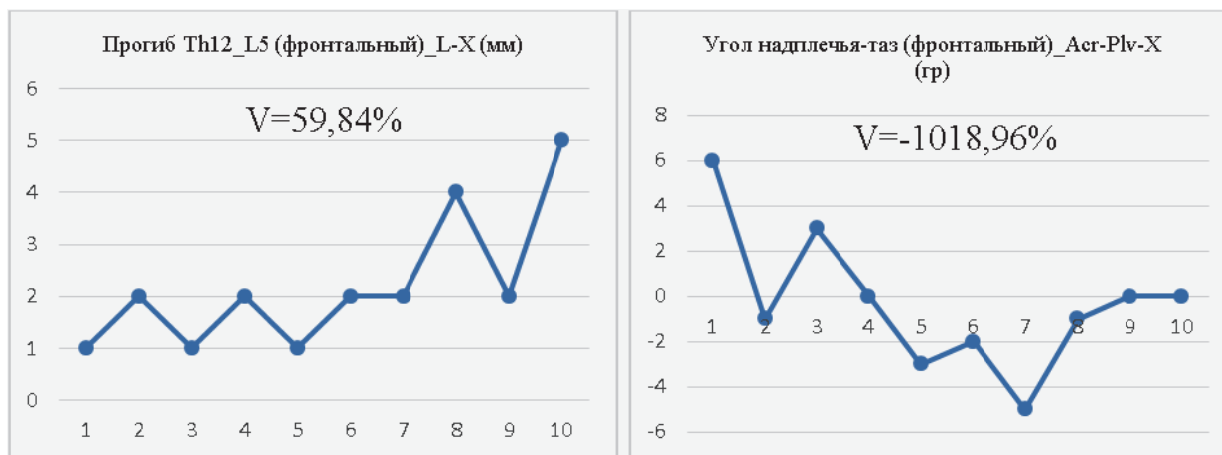


Рис. 1. Примеры рядов с высоким коэффициентом вариации

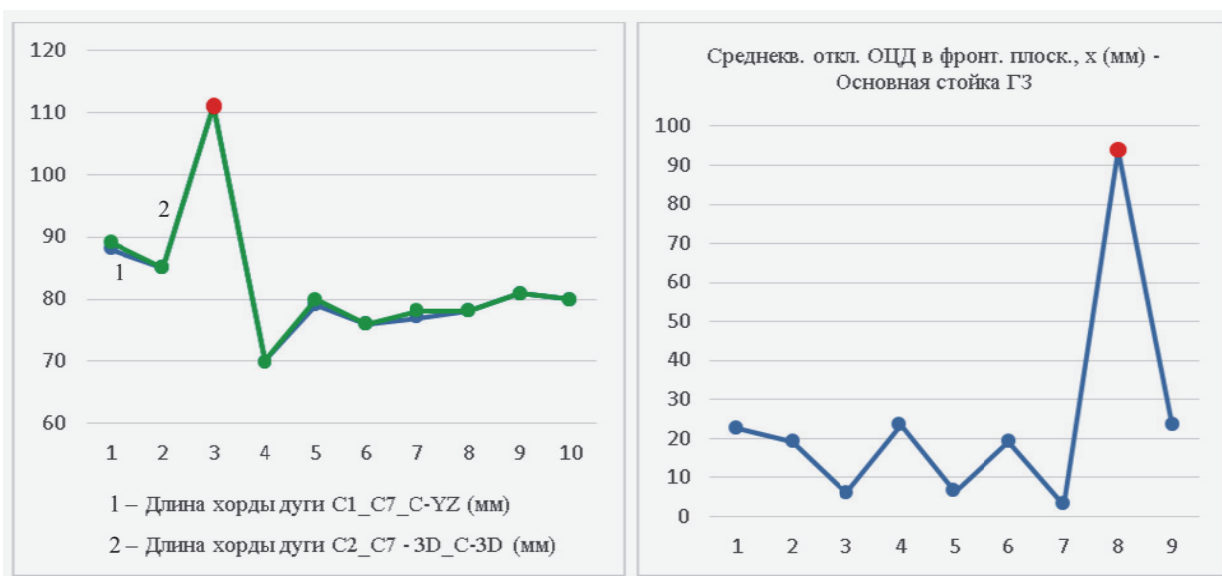


Рис. 2. Примеры грубых ошибок в рядах данных

# Интегративная физиология

На рис. 3 представлен общий вид матрицы коэффициентов корреляции для 3D-сканера и анализатора состава тела. Цветом выделены коэффициенты со значениями больше 0,7, либо меньше -0,7, характеризующие наличие сильной линейной связи между показателями.

Постурология изучает баланс тела в основной стойке и переходных процессах, а стабилметрия регистрирует положение тела и колебания проекции общего центра тяжести тела на плоскости опоры.

Постуральная система должна поддерживать три основных функции:

- сохранять устойчивость основной стойки в условиях земной гравитации;
- генерировать мышечный ответ на внешние ожидаемые и неожиданные, а также произвольные целенаправленные движения;
- иметь возможность к адаптации в изменяющихся внешних и внутренних условиях.

Осмотр вертикальной составляющей реакции опоры показывает, что относительно средней линии, т. е. среднего уровня массы тела все имеющиеся колебания имеют два направления - отрицательное, направленное на уменьшение имеющегося веса, и положительное, направленное на его увеличение. В норме отрицательного направления колебания име-

ют амплитуду, в среднем, в 1,5-2 раза больше, чем положительные.

Спектрограмма колебаний в вертикальной плоскости представляет собой более сложное образование, чем для колебаний во фронтальной или сагиттальной плоскости. Сам спектр значительно шире и может включать колебания на частотах 10 Гц и выше. При этом в норме между 1 и 2 Гц имеется четко выраженный пик, соответствующий сердечному циклу. В ряде случаев он может быть выражен не очень четко. Но для нормы характерны колебания на частотах от 4 до 7 Гц с амплитудой не более 0,3 кг. Колебания в вертикальной плоскости такой высокой частоты, связанные с постоянным перемещением массы около 0,3 кг, скорее всего, могут быть вызваны только с деятельностью крупных мышечных массивов, активных в вертикальной стойке, каковыми являются мышцы-разгибатели нижних конечностей и туловища, т. е. антигравитационные группы мышц [6]. По данным автора, вектор массы тела, подходящий через центры суставов - это теоретически идеальный случай действительно нейтрального положения суставов. Основная стойка здорового человека имеет несколько иные взаимоотношения. Линия вектора тела

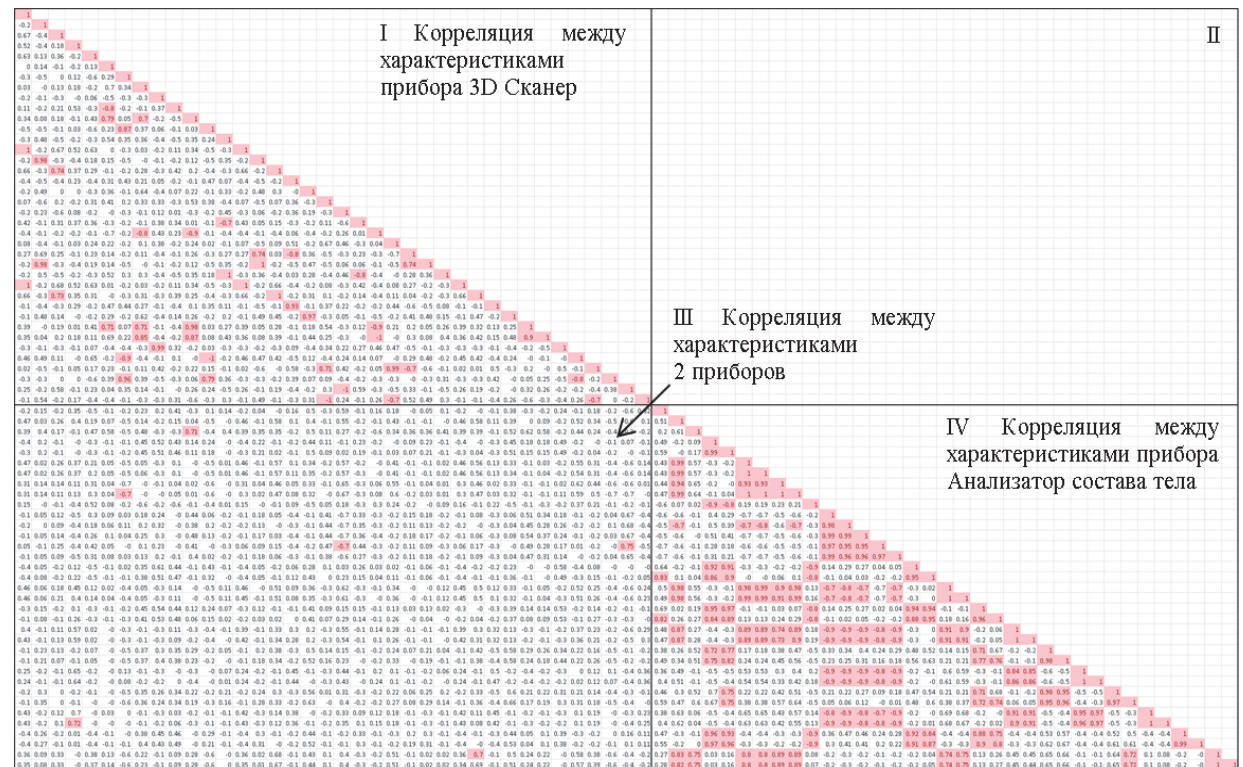


Рис. 3. Таблица коэффициентов корреляции для приборов 3D-сканер и анализатор состава тела

или вертикаль, проходящая через ОЦМ, опускается из центра головы, проходит на один сантиметр кпереди от тела четвертого поясничного позвонка, через центр тазобедренного сустава, впереди коленного и ложится на плоскость опоры на 4–5 см кпереди от линии внутренних лодыжек.

В этом состоянии тазобедренный и коленный суставы замыкаются пассивно и не требуют расхода энергии. Голеностопный сустав замыкается активно напряжением трехглавой мышцы голени. Итак, действия голеностопного сустава контролируют баланс тела в основной стойке.

Обратная связь на поддержание основной стойки происходит от зрительной, проприорецептивной и вестибулярной систем. Однако вестибулярная система участвует особым образом в медленных и высокоамплитудных движениях, которые отсутствуют в нормальной стойке здорового человека. Основная система управления балансом построена на сигналах, поступающих от мышечных рецепторов, суставных и механорецепторов. Значительную долю (в норме) занимает визуальная информация.

Совместное исследование французских и канадских ученых [20] показало, что полное, центральное и периферическое зрение оказывают влияние на сохранение баланса различным образом. Центральное зрение оказывает большое влияние на контроль движений во фронтальной плоскости, в условиях, когда соматосенсорная информация недостаточна. Периферическое зрение в этих же условиях оказывает большое влияние на контроль колебаний в сагиттальной плоскости.

Японский исследователь С. Мори [19] предлагает разделить все механизмы управления и поддержания баланса на три основных типа: рефлекс, синергии и стратегии. Его соотечественник [12] в своих исследованиях выделяет весьма сложные рефлекторные балансирующие действия человека с включением всего ОДА. К рефлексам авторы относят автоматические ответы нервной системы на изменяющиеся условия. Понятие синергии, т. е. классов движений с близкими кинематическими характеристиками, было введено нашим соотечественником Н.А. Бернштейном в его классических трудах [1, 2]. Понятие стратегий включает сложные движения, выполняемые бессознательно или осознанно для получения необходимого результата (уровни

С, D, E по Н.А. Бернштейну). Распространение этого понятия в постурологии связано с работами американских исследователей [15]. Авторами были введены понятия о голеностопной и тазобедренной стратегиях для поддержания баланса в основной стойке. В последующем была обнаружена и аналогичная стратегия балансирующих движений в тазобедренных суставах, но во фронтальной плоскости [18].

Отечественный ученый [6] на основании специального исследования сделала вывод о том, что основную роль в поддержании баланса во фронтальной плоскости несут мышцы бедра, что исключительно важно для анализа биомеханики ДД в рывке и толчке.

Группа исследователей из Швейцарии, Нидерландов и Канады [9], проведя исследования баланса в основной стойке, в условиях изменения положения плоскости опоры совместно с электромиографическими данными выдвинула следующие предположения. Проприорецептивное управление балансом со стороны рецепторов бедра и туловища более важно, чем со стороны нижней конечности в целом, включая подошвенную поверхность стопы. Изменение положения стопы в основной стойке приводит к модуляции потока импульсов от трехглавой мышцы голени, что в свою очередь, дает изменения электроэнцефалограммы [10]. Это не единственный пример. Непосредственное влияние девиации центра давления (ЦД) обнаружено со стороны сердечной деятельности, но это не колебания с частотой сердцебиения, а гораздо более медленные, с частотой один раз в минуту [16]. Эти движения – своеобразный насос для венозной крови нижних конечностей. Их приводящий механизм – трехглавая мышца голени. Более поздние исследования этих же авторов [17] подтверждают, что колебания ЦД при состоянии играют значительную роль в поддержании гомеостаза сердечно-сосудистой системы.

Итак, интегративная деятельность организма тяжелоатлетов включает мобилизацию ОДА, биоэлектрическую активность мозга, кровотока, нейромоторных звеньев.

Следует отметить, что гравитационные и баллистические воздействия, стрейчинг, массаж, релаксация влияют на фазовый процесс адаптации в условиях влияния факторов экзогенного и эндогенного характера. Зависимость регуляции баланса в основной стойке и

локомоциях определяется генетическим вкладом, возможностями скелетной мускулатуры, тотальными размерами тела, возрастными, половыми и спортивно-квалификационными особенностями спортсменов. Основной аспект стабилметрических исследований лежит в плоскости изучения амплитуды и скорости ЦД, угловых звеньев, длины и плоскостных оценок дыхательной частоты колебаний стабиллограммы, мощности спектра составляющих. В настоящее время доминирует компьютерная стабилметрия в клинике и исследованиях в спорте. Проведена классификация регистрируемых параметров, вычислены нормативные характеристики основных стабилметрических параметров [8]. Рассчитаны длина и площадь статокинезиограммы, положение и колебания ЦД в различных плоскостях, частотные спектры, распределение массы тела между нижними конечностями. Однако исследований, учитывающих специфику вида спорта, специализаций спортсменов, проведено недостаточно и проблема для разрешения ждет своих исследователей. Исследования в спорте требуют сознания биомеханики движений, фазового анализа циклов ДД в видах спорта, развивающих спортивно-силовые и силовые способности (ТА, метания, толкания, спортивная борьба и др.). По мнению автора, увеличение размаха амплитуд вертикальной составляющей реакции опоры отражало возрастающее значение вертикальных ускорений общего центра массы тела. Временные, пространственные, кинематические и динамические параметры показывают взаимосвязь своих количественных показателей, не изменяя их качества.

Постурология занимается изучением процессов сохранения, управления и регуляции баланса тела при его различных положениях и ДД. При двигательном тестировании включаются системообразующие звенья организма. Анализ спектра частот и амплитуд колебаний ЦД (высокоамплитудные 0–0,3 Гц) [13]. Исследование пространственно-временных и динамических характеристик тела человека с помощью компьютерной стабилметрии и сопутствующих методик оценки состояния стопы, основной стойки, сокращения и расслабления мышц, при подъеме тяжестей, детерминирующей физиологическую основу ОДА – является важной задачей биомеханики, физиологии спорта и двигательной активности.

Ретроспективно оценивая ключевые ме-

тодики и концепции поставленной проблемы, целесообразно отнести исследователей к трудам основоположников учения произвольных и активных (организованных) ДД по Л.С. Выготскому [4, 5], Н.А. Бернштейну [3], А.Р. Лурия [7].

Целенаправленная балансотерапия позволяет оптимизировать положение общего центра давления (ОЦД), что исключительно важно в таком виде спорта, как ТА. «Взрывные» индивидуальные особенности, уровень развития СКУ, подвижность суставов и гибкость позвоночника определяют возможности ОДА для успешной спортивной результативности. В данной работе мы не акцентировали внимание на биохимических адаптациях, а рассматривали нейрофизиологические и анатомофизиологические возможности для биомеханически целесообразных ДД.

Выполнение ДД в тяжелой атлетике связано с натуживанием необходимости повышения устойчивости к эпизодической гипоксии. Возникает проблема оценок лимита устойчивости в условиях сенсорной депривации, позволяющей выявить двигательно-координационные возможности, стабильность в каждом функциональном положении, максимальный радиус удаления ДД от фоновых, изменения силовых способностей при задержке дыхания.

Иллюстрированные на рис. 3 коэффициенты корреляции позволяют сделать вывод о том, что между показателями прибора анализатор состава тела наблюдаются более тесные взаимосвязи, чем между параметрами 3D-сканера. Сильные линейные связи между приборами наблюдаются в 6 случаях. Показатель тесноты прямой связи между SA\_LA\_PREDICTEDMM и прогибом Th12\_L5 (фронтальный)\_L-X (мм) равнялся 0,73. Высокие значения коэффициента корреляции (r) можно интерпретировать постоянством показателя «Прогиб Th12\_L5 (фронтальный)\_L-X (мм)» на некоторых отрезках и малыми изменениями «SA\_LA\_PREDICTEDMM» на этих отрезках, а не постоянными сонаправленными изменениями признаков. Реальная взаимосвязь между параметрами, скорее всего, отсутствует. Обратная связь между «PREDICTED\_FAT\_MASS» и углом наклона грудного отдела (фронтальный)\_Th-X-Ang (град.), скорее всего, также не обоснована.

Коэффициент корреляции, характеризующий прямую связь между показателями «Угол наклона шейного отдела (фронталь-

ный) «C-X-Ang» и «BMRkcal» равнялся 0,71. Похожий характер связи наблюдается между значениями «Прогиб 3D C7-Th12\_3D-Th» и «SA\_TRUNK\_FFМ» ( $r = 0,70$ ). Более тесная связь выявлялась между параметрами «Угол-L-3D-Y\_L-3D-Y» и «IMPEDANCE\_RIGHTARM» ( $r = 0,75$ ). Обратная связь наблюдалась между углом наклона поясничного отдела (сагитальный) «L-Y-Ang» и «IMPEDANCE\_RIGHTARM» ( $r = -0,75$ ).

Можно предположить, что специфика вида спорта откладывает отпечаток на взаимосвязи изучаемых показателей, которые проявлялись между углами наклона шейного и поясничного отделов. Действительно, подъем тяжестей оказывает большое воздействие на позвоночный столб. Во время подъема тяжелых весов выявляются деформации, которые необходимо устранить процедурами восстановления и реабилитации. С этой целью используются специальные приспособления корректирующего характера. Стабильность основной стойки характеризуется различными девиациями центра тяжести относительно фиксированной базы опоры. Эти движения регистрируются в угловой величине относительно вертикали, вектором предполагаемого ДД, соединяющего центр тяжести с центром базы опоры. Индивидуально можно выявить фронтальную, вертикальную и сагитальную нестабильность ТА. Возможны проявления гиперстабильности у отдельных атлетов.

Следует отметить, что значения коэффициентов для данной пары приборов во всех случаях находятся на нижней границе допустимого интервала, характеризующего высокую степень связи.

Между показателями 3D-сканера и стабилметра наблюдалось больше взаимосвязей, чем в 1-м случае. Рассмотрим наиболее сильные из них. Например, показатель обратной связи между скоростью ОЦД,  $V$  (мм/с) при повороте головы вправо ГЗ и углом «L-3D-X\_L-3D-X (град.)» равнялся  $-0,88$ . Показатель прямой связи между индексом устойчивости, ИУ (ед.) при повороте головы вправо ГЗ и углом «L-3D-X\_L-3D-X (град.)» был  $0,89$ . Коэффициент корреляции между динамическим компонентом равновесия, ДК (ед.) при повороте головы вправо ГЗ и углом «L-3D-X\_L-3D-X (град.)» составил  $-0,89$ .

Прямая связь ( $r = 0,86$ ) выявлена между средним положением ОЦД в сагитальной плоскости в Европейской СК,  $Ye$  (мм) при повороте головы вправо ГЗ и показателем

угла наклона шейного отдела (сагитальный) «CY-Ang (град.)». Обратная связь ( $r = -0,86$ ) была обнаружена между средним положением ОЦД в сагитальной плоскости в Европейской СК,  $Ye$  (мм) при повороте головы вправо ГЗ и углом «3D-Y-C-3D-Y (град.)». Необходимо отметить, что высокая теснота связей характеризует координацию показателя SKU и угловыми величинами позвоночника при наличии сбивающего фактора (поворот головы вправо глаза закрыты). Оценивается стабилметрическая устойчивость при позной скорости ЦД, ИУ, являющийся одним из главных критериев SKU, тесно коррелировал с угловым изменением позвоночного столба.

Французская школа стабилметрии установила сильную корреляционную зависимость между положением ЦД в сагитальной плоскости относительно межпозвоночной линии и скоростью перемещений ЦД [14]. Данный параметр определяет расстояние от экспериментальной кривой регрессии между координатой ЦД в сагитальной плоскости и вариацией скорости перемещения ЦД до аналогичного показателя пациента.

Взаимосвязи параметров свидетельствуют о том, что ряд отдельных показателей стабилметра сильно коррелирует с показателями анализатора состава тела, например:

– «Уровень 60 % мощности спектра в сагитальной плоскости,  $uf60\%$  (Гц) – Основная стойка ГО» (7 коэффициентов корреляции со значениями по модулю больше  $0,70$ );

– «Отношение длины эллипса к его ширине,  $Le-We$  (ед.) – Основная стойка ГЗ» (11 коэффициентов);

– «Отношение длины статокинезиограммы к её площади,  $LFS90$  (1/мм) – Основная стойка ГО» (7 коэффициентов);

– «Отношение длины статокинезиограммы к её площади,  $LFS90$  (1/мм) – Основная стойка ГЗ» (11 коэффициентов).

Наибольшее число взаимосвязей с параметрами стабилметра выявлялось у показателей отношения длины эллипса к его ширине в основной стойке глаза закрыты и отношения длины статокинезиограммы к её площади в основной стойке глаза закрыты. Можно сказать, что количество связей увеличивается при наличии сбивающих факторов и свидетельствует о динамичности перестроек функциональной системы SKU в усложненных условиях.

Таким образом, можно полагать, что в фазе устойчивой адаптации при воздействии сбивающими факторами (глаза закрыты)

адаптивно-компенсаторные звенья психофизиологической адаптации для сохранения биологической надежности организма ТА включают дополнительное количество связей, обеспечивающих СКУ гомеостаза. Функциональная проба с поворотом головы в стороны включает комплекс рефлекторных реакций с включением шейно-мышечных реакций, вестибулярного аппарата, проприорецепции зрительного анализатора, система контроля баланса на возмещающие воздействия. Выявлены корреляции между состоянием шейного отдела позвоночника и степенью устойчивости в основной стойке. Отклонение головы назад увеличивает движение ЦД в сагиттальной плоскости [14]. Стабильность уменьшается при поворотах головы [11].

Обратная связь ( $r = -0,81$ ) выявлялась между отношением длины эллипса к его ширине, Le-We (ед.) в основной стойке ГЗ и IMPEDANCE\_WHOLEBODY, а также между отношением длины эллипса к его ширине, Le-We (ед.) в основной стойке ГЗ и IMPEDANCE\_LEFTLEG ( $r = -0,82$ ). Прямая связь выявлялась между отношением длины эллипса к его ширине, Le-We (ед.) в основной стойке ГЗ и показателями «SA\_RA\_FFM» ( $r = 0,80$ ) и «SA\_RA\_PREDICTEDMM» ( $r = 0,79$ ).

Обратная связь замыкалась между отношением длины статокинезиограммы к её площади, LFS90 (1/мм) в основной стойке ГЗ и «BMRKj» ( $r = -0,79$ ) и между отношением длины статокинезиограммы к её площади, LFS90 (1/мм) в основной стойке ГЗ и показателями «FFM» ( $r = -0,81$ ) и «TBW» ( $r = -0,81$ ).

Статокинезиограмма отражает траектории движений ЦД в проекции на горизонтальную плоскость. Она представлена в ТА в системе координат помоста и положений спортсмена. Стабильность основной стойки и переходных процессов характеризуется девиациями центра тяжести с центром базы опоры. Стабильность обычно определяется по площади статокинезиограммы.

Обратная связь наблюдалась между отношением длины статокинезиограммы к её площади, LFS90 (1/мм) в основной стойке ГЗ и показателями «SA RL FFM» ( $r = -0,81$ ) и «SA RL PREDICTEDMM» ( $r = -0,79$ ).

Прямая связь между ИУ (ед.) при повороте головы вправо ГЗ и углом L-3D-X-L-3D-X (град.) ( $r = 0,89$ ). Обратная связь между ДК (ед.) при повороте головы вправо ГЗ и углом L-3D-X-L-3D-X (град.) ( $r = -0,89$ ).

Согласно коэффициенту корреляции, равному 1, показатели ИУ и ДК при повороте головы вправо ГЗ стабилметра полностью взаимозаменяемы и оба сильно коррелируют с углом L-3D-X-L-3D-X (град.).

ИУ характеризует выраженность частоты и амплитуды стабилграммы производного показателя скорости, с которой происходили смещения проекции ЦД тела. Вот поэтому усматривалась высокая прямая связь с углом L-3D-X-L-3D-X при повороте головы вправо с депривацией зрения. Показатели ИУ и ДК в применяемых пробах взаимозаменяемы. Однако ДК при различных функциональных пробах определяется в процентах как разница между 100 % и величиной ИУ при выполнении данной пробы.

Параметр ДК при повороте головы вправо ГЗ можно выразить через угол L-3D-X\_L-3D-X, град. (L3DXL3DX) следующим образом:  $DK = 182,54 - 1,13 \times L3DXL3DX$ . Качество такой модели достаточно высокое (коэффициент детерминации = 78,73 %, константа и коэффициент при переменной L3DXL3DX значимы).

Коэффициент детерминации – это доля дисперсии зависимой переменной, объясняемая рассматриваемой моделью зависимости, т. е. объясняющими переменными. Его рассматривают как универсальную меру зависимости одной случайной величины от множества других.

В заключение необходимо отметить, что интегративная морфофункциональная оценка состояния спортсменов позволяет сбалансированно рассматривать анатомо-физиологические и биомеханические алгоритмы индивидуальной соревновательной деятельности, своевременно корректировать ее и состояние согласно полученным данным.

Основные позы ТА характеризуют ориентацию любого сегмента тела относительно вектора силы тяжести. При этом баланс можно определить как способность сохранять положение тела над его базой опоры (вход в ДД, подрыв, фиксация снаряда, толчок, удержание (статический и динамический баланс), посту- рологический контроль.

### Литература

1. Бернштейн, Н.А. *Избранные труды по биомеханике и кибернетике* / Н.А. Бернштейн. – М.: СпортАкадемПресс, 2001. – 296 с.

2. Бернштейн, Н.А. О ловкости и ее развитии: моногр. / Н.А. Бернштейн. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 288 с.
3. Бернштейн, Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности: моногр. / Н.А. Бернштейн. – М.: Медицина, 1966. – 166 с.
4. Выготский, Л.С. Развитие высших психических функций. Из неопубликованных трудов. – М.: Медицина, 1960. – 497 с.
5. Выготский, Л.С. Собрание сочинений / Л.С. Выготский. – М.: Прогресс, 1984. – Т. 4. – 202 с.
6. Денискина, Н.В. Изучение роли мышцы голени и бедра в регуляции позы человека во фронтальной плоскости при стоянии / Н.В. Денискина // Материалы Рос. конф. по биомеханике. – 1999. – № 2. – С. 45–46.
7. Лурия, А.Р. Мозг человека и психические процессы: моногр. / А.Р. Лурия. – М.: МГУ, 1987. – 231 с.
8. Скворцов, Д.В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия: моногр. / Д.В. Скворцов. – М.: ЧП Андреева М.М., 2007. – 640 с.
9. Allum, J.H.J. Proprioceptive control of posture: a review of new concepts / J.H.J. Allum, B.R. Bloem, M.G. Carpenter // *Gait and Posture*. – 1998. – Vol. 3, No. 8. – P. 214–242.
10. Askermann, H. Postural modulation of evoked cortical and motor potentials and its relationship to functional adaptation of postural reflexes / H. Askermann, J. Dichagans, B. Guschibauer // *X Int. Symp. on Disorders of Posture and Gait*. – Munchen, 1990. – P. 76–81.
11. De Benedittis, G. Effect of the cervical reflex on the posture of normal subjects. Balance measurement study / G. De Benedittis, D. Petrone, N. De Candia // *Boll. Soc. Ital. Biol. Spez.* – 1991. – Vol. 67, No. 3. – P. 303–309.
12. Fukuda, T. *Statokinetic Reflexes in Equilibrium and Movement* / T. Fukuda. – Tokyo: University of Tokyo press, 1981. – 123 с.
13. Gagey, P.M. *Posturologie. Regulation et dereglements de la station debout* / P.M. Gagey, B. Weber. – Paris: Masson, 1995. – 145 p.
14. Hlavacka, F. The effect of head position and functional status of the cervical spine on body sway in the upright posture / F. Hlavacka, M. Saling, M. Krizkova // *Bratisl. Lek. Listy*. – 1992. – Vol. 93, No. 6. – P. 324–327.
15. Hozak, F.B. Central Programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configuration / F.B. Hozak, L.M. Nashnez // *J. Neurophysiol.* – 1986. – No. 55. – P. 1369–1381.
16. Imamura, K. One minute wave of body sway related to muscle pumping during static standing in human / K. Imamura, T. Mano, S. Iwase // *X Int. Symp. on Disorders of Posture and Gait*. – FRG: Munchen, 1990. – Sept. 2–6. – P. 53–57.
17. Imamura, K. Role of postural sway as a compensatory mechanism for gravitational stress on the cardiovascular system / K. Imamura, T. Mano, S. Iwase // *Gait Posture*. – 1999. – Vol. 9, No. 1. – P. 5.
18. Lekhel, H. Cross-correlation analysis of the lateral hip strategy in unperturbed stance / H. Lekhel, A.R. Marchand, C. Assaiante // *Neure – report*. – 1994. – Vol. 2, No. 5. – P. 1293–1296.
19. Mori, S. Reflexes, Synergies and Strategies / S. Mori // *X Int. Symp. on Disorders of Posture and Gait*. – FRG, Munchen, 1990. – P. 76–81.
20. Nougier, V. Contribution of central and peripheral vision to the regulation of stance / V. Nougier, C. Bard, M. Fleury // *Gait and Posture*. – 1997. – Vol. 5, No. 1. – P. 34–41.

**Исаев Александр Петрович**, Заслуженный деятель науки РФ, доктор биологических наук, профессор, директор научно-исследовательского центра спортивной науки, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), isaeva-susu@yandex.ru.

**Алексеев Кирилл Анатольевич**, аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), tmfcs@mail.ru.

**Меньшикова Надежда Васильевна**, аналитик лаборатории спортивной статистики, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), tmfcs@mail.ru.

**Смирнов Алексей Сергеевич**, руководитель информационного отдела спортивного комплекса, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), 2231034@mail.ru.



**Хоменко Руслан Васильевич**, доцент кафедры физического воспитания и здоровья, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), attared@rambler.ru.

**Рычкова Лидия Сергеевна**, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры адаптивной физической культуры, физиологии и биохимии, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), rychkovaly@mail.ru.

*Поступила в редакцию 30 января 2015 г.*

---

## CORRELATION BETWEEN INDICATORS OF A THREE-DIMENSIONAL SCAN OF THE SPINE, BODY COMPOSITION AND STABILOMETRY IN WEIGHTLIFTERS WITH SUPREME SPORTS SKILLS

*A.P. Isaev, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, tmfcs@mail.ru,*

*K.A. Alekseev, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, tmfcs@mail.ru,*

*N.V. Menshikova, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, attared@rambler.ru,*

*A.S. Smirnov, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, 2231034@mail.ru,*

*R.V. Homenko, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, tmfcs@mail.ru,*

*L.S. Rychkova, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, rychkovaly@mail.ru*

Modern training physical actions in weightlifting have a major impact on the musculoskeletal system, the composition of the body and postural characteristics, spine projection of athletes. Multifunctional and metabolic changes include integrative holistic activity of the body, starting with the central nervous system and ending with the cellular level of adaptive-compensatory changes. The successful sports performance is provided by the integrative activity of functional systems of the weightlifter's body. The study used computer stabilometry, an ultrasound scan of the spine, impedance diagnostics of body composition, noninvasive analyzer of physiological and metabolic state, electroencephalography, electromyography. Survey involved 12 athletes aged 19–23 with the following levels of sports qualification: MS, MSIC, winners of international tournaments, champions of Europe, the World. The survey was conducted at the final stages of preparation for socially important competitions. We have identified and interpreted the basic correlation between the performance of the musculoskeletal system, the composition of the body and postural characteristics, the projection of the spine of athletes, thus enabling further correction of physical action training for successful sports performance. Integrative morphofunctional assessment of athletes allows balanced consideration of anatomical and physiological and biomechanical algorithms of individual competitive activity and further correction of such activity and of the state according to the obtained data. Basic weightlifting postures specify the orientation of any segment of the body relative to the gravity vector.

*Keywords: integrative activity, determination, body composition, computer simulation, three-dimensional scanning of the spine, posturology, static-kinetic stability, biomechanics of motor actions, adaptive-compensatory changes, joints, the main counter, analyzer systems, activity correction, strategies of movement control.*

### References

1. Bernshteyn N.A. *Izbrannye trudy po biomekhanike i kibernetike* [Selected Works on Biomechanics and Cybernetics]. Moscow, SportAkademPress Publ., 2001. 296 p.
2. Bernshteyn N.A. *O lovkosti i ee razvitiy: monografiya* [About Dexterity and Its Development. A Monograph]. Moscow, Physical Culture and Sports Publ., 1991. 288 p.
3. Bernshteyn N.A. *Ocherki po fiziologii dvizheniy i fiziologii aktivnosti: monografiya* [Essays on the Physiology of Movements and Physiology of Activity. Monograph]. Moscow, Medicine Publ., 1966. 166 p.

4. Vygotskiy L.S. *Razvitie vysshikh psikhicheskikh funktsiy. Iz neopublikovannykh trudov* [The Development of Higher Mental Functions. Unpublished Works]. Moscow, Medicine Publ., 1960. 497 p.
5. Vygotskiy L.S. *Sobranie sochineniy* [Collected Works]. Moscow, Progress Publ., 1984. Vol. 4. 202 p.
6. Deniskina N.V. [Studying the Role of Hip and Thigh Muscles in Human Postural Control in the Frontal Plane During Standing]. *Materialy Ros. Konf. po biomekhanike* [Materials Ros. Conf. in Biomechanics], 1999, no. 2, pp. 45–46. (in Russ.)
7. Luriya A.R. *Mozg cheloveka i psikhicheskie protsessy: monografiya* [The Human Brain and Mental Processes. Monograph]. Moscow, MGU Publ., 1987. 231 p.
8. Skvortsov D.V. *Diagnostika dvigatel'noy patologii instrumental'nymi metodami: analiz pokhodki, stabilometriya: monografiya* [Diagnosis Motor Pathology Instrumental Methods: Gait Analysis, Stabilometry. Monograph]. Moscow, PE Andreeva M.M. Publ., 2007. 640 p.
9. Allum J.H.J., Bloem B.R., Carpentez M.G. Proprioceptive Control of Posture: a Review of New Concepts. *Gait and Posture*, 1998, vol. 3, no. 8, pp. 214–242.
10. Askermann H., Dichagans J., Guschibauer B. Postural Modulation of Evoked Cortical and Motor Potentials and its Relationship to Functional Adaptation of Postural Reflexes. *Xth Int. Symp. on Disorders of Posture and Gait*. Munchen, 1990, pp. 76–81.
11. De Benedittis G., Petrone D., Candia N.De. Effect of the Cervical Reflex on the Posture of Normal Subjects. Balance Measurement Study. *Boll. Soc. Ital. Biol. Spez.*, 1991, vol. 67, no. 3, pp. 303–309.
12. Fukuda T. *Statokinetic Reflexes in Equilibrium and Movement*. Tokyo: University of Tokyo press, 1981. 123 p.
13. Gagey P.M., Weber B. *Posturologie. Regulation et Derèglements de la Station Debout*. Paris: Masson, 1995. 145 p.
14. Hlavacka F., Saling M., Krizkova M. The Effect of Head Position and Functional Status of the Cervical Spine on Body Sway in the Upright Posture. *Bratisl. Lek. Listy*, 1992, vol. 93, no. 6, pp. 324–327.
15. Hozak F.B., Nashnez L.M. Central Programming of Postural Movements: Adaptation to Altered Support-Surface Configuration. *J. Neurophysiol.*, 1986, no. 55, pp. 1369–1381.
16. Imamura K., Mano T., Iwase S. One Minute Wave of Body Sway Related to Muscle Pumping During Static Standing in Human. *Xth Internat. Symposium on Disorders of Posture and Gait*. FRG: Munchen. 1990, pp. 53–57.
17. Imamura K., Mano T., Iwase S. Role of Postural Sway as a Compensatory Mechanism for Gravitational Stress on the Cardiovascular System. *Gait Posture*, 1999, vol. 9, no. 1, p. 5.
18. Lekhel H., Marchand A.R., Assaiante C. Cross-Correlation Analysis of the Lateral Hip Strategy in Unperturbed Stance. *Neure – report*, 1994, vol. 2, no. 5, pp. 1293–1296.
19. Mori S. Reflexes, Synergies and Strategies. *Xth Int. Symp. Disorders of Posture and Gait*. FRG, Munchen, 1990, pp. 76–81.
20. Nougier V., Bard C., Fleury M. Contribution of Central and Peripheral Vision to the Regulation of Stance. *Gait and Posture*, 1997, vol. 5, no. 1, pp. 34–41.

*Received 30 January 2015*

---

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СТАТЬИ

Взаимосвязи между показателями трехмерного сканирования позвоночника, компонентов состава тела и стабилометрии у тяжелоатлетов высшей спортивной квалификации / А.П. Исаев, К.А. Алексеев, Н.В. Меньшикова и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2015. – Т. 15, № 1. – С. 14–23.

#### REFERENCE TO ARTICLE

Isaev A.P., Alekseev K.A., Menshikova N.V., Smirnov A.S., Homenko R.V., Rychkova L.S. Correlation Between Indicators of a Three-Dimensional Scan of the Spine, Body Composition and Stabilometry in Weightlifters with Supreme Sports Skills. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education, Healthcare Service, Physical Education*, 2015, vol. 15, no. 1, pp. 14–23. (in Russ.)