

УДК 612.821

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ПОЗНОЙ СТАТИКИ ЧЕЛОВЕКА

© **Елена Николаевна Винарская**, **Георгий Игоревич Фирсов**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Москва, Россия
firsovgi@mail.ru

Аннотация. На базе системно-функциональных идей П.К. Анохина, в т.ч. об эфферентном синтезе, и теории Н.А. Бернштейна об иерархическом механизме управления движениями статика позы рассматривается в контексте целостной функциональной системы организма с учетом специфических для каждого уровня управления сенсорных синтезов.

Ключевые слова: *поза, позные автоматизмы, зоны устойчивости.*

MODERN PROBLEMS OF THE STUDY OF THE MECHANISMS POSTURAL STATICS OF THE MAN

E. Vinarskaya, **G. Firsov**

The federal state budgetary establishment of science the Blagonravov Mechanical Engineering Research Institute the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Annotation. On the base of the systemic functional ideas P.K. Anokhin, including about efferent synthesis, and theory of N.A. Bernstein about the hierarchical mechanism of control of motions the statics of posture is examined in the context of the integral functional system of organism taking into account sensory syntheses specific for each level of control.

Key words: *posture, postural automatisms, the area of stability.*

Проблемы изучения позной активности человека относятся к числу актуальных для всех профессионалов, деятельность которых так или иначе связана с движением. Ведь для подавляющего числа видов адаптивной деятельности оптимальна вертикальная поза тела человека, поддержание которой предполагает преодоление силы земного притяжения и, следовательно, позная активность составляет бессознательный операционный фон любых локомоторных актов и произвольных предметных действий [1,2]. Кроме того, человек бессознательно использует силу земного притяжения в своих движениях, что имеет большое значение в его как трудовой, так и спортивной двигательной активности.

Стремление к познанию закономерностей позной активности и к наиболее эффективному управлению ими привело к тому, что уже более 100 лет эти закономерности стали предметом систематических естественно-научных исследований. В истории этих исследований можно выделять ряд последовательных принципиальных шагов. Первый из них связан с именем Рудольфа Магнуса - немецкого врача, занимавшегося экспериментальным изучением статической и кинетической позной активности животных и человека. Обобщая многолетние наблюдения, Р. Магнус [3] выделил несколько групп рефлексов: 1) статические рефлексy, которые обуславливают и сохраняют положение тела и равновесие при спокойном лежании, стоянии и сидении в различных положениях; 2) стато-кинетические рефлексy, при помощи которых животное совершает движения и компенсирует их последствия. Статические рефлексy подразделяются на те, которые обуславливают положение или позу тела и те, благодаря которым животное способно принимать нормальное положение, например, вставать, - установочные рефлексy [3, с. 10-

11]. Были изучены афферентные звенья всех этих рефлексов, а также два состояния мышц конечностей, когда они то превращаются в негибачущие опорные колонны, то в органы передвижения, податливые к реципрокным сокращениям сгибателей и разгибателей. Сведя всю сложность изученных стволовых механизмов мозга к простой формуле рефлекторного акта, Р. Магнус оказался в одном ряду с основоположниками русской физиологии - И.М. Сеченовым и И.П. Павловым, работа которых о рефлекторной природе поведения животных и человека и о типах рефлексов приходится на те же годы конца XIX - начала XX веков.

Изучая функциональные элементы целостного адаптивного поведения, а именно позные рефлексy, Р. Магнус не мог не придать этому изучению некоторых черт системного исследования. Вероятно поэтому его труд вызвал большой интерес у двух отечественных ученых-системологов Е.К. Сеппа и Н.А. Бернштейна, включивших разработку механизмов позной активности в круг своих тематически более широких исследований. Посвятив себя изучению истории развития нервной системы позвоночных, для чего он синтезировал данные сравнительной анатомии, эмбриологии, неврологии и невропатологии, Е.К. Сепп [4] отвел львиную часть своей работы нервному субстрату позных рефлексов - спинному мозгу, продолговатому мозгу с мозжечком, среднему мозгу и подкорковым ядрам. Полагая, что каждая новая фаза развития в эволюционном процессе не заменяет предыдущей, а опосредствует ее и, следовательно, история развития высокоорганизованного животного отражена в его строении, Е.К. Сепп описал позные рефлексy Р. Магнуса под углом зрения их филогенеза, т.е., во-первых, как рефлексy восстанавливающие нарушенное равновесие, и, во-вторых, как рефлексy, предупреждающие нарушения равновесия. Имея в виду онтогенетическое развитие позвоночных животных, первые из этих рефлексов можно отнести к числу врожденных безусловных, а вторые - к числу приобретенных при жизни, условных. Е.К. Сепп изучил и описал последовательные стадии в развитии "моторной вооруженности" организмов, посредством чего они осуществляют свое адаптивное поведение в поле земного тяготения.

Бесскелетная перистальтика всего тела, управляемая диффузной нервной сетью у многоклеточных кишечнополостных организмов, сменяется у мягкотелых, напр., у гидры, обособленным двигательным органом, совершающим те же перистальтические движения, но управляемые уже ганглиозно-сетевидной нервной системой; у хордовых животных развивается способ передвижения посредством мышечных рычагов, для чего формируется нейронно расчлененная центральная нервная система, соединенная с органами движения чувствительными и двигательными нервными проводниками. Эта моторика подвергается прогрессивному усложнению с постепенным преобразованием змеевидного туловищно-хвостового способа передвижения организмов, живущих в воде, в способ передвижения по суше посредством отталкивающих от плоскости опоры движений конечностями. Последнее принципиальное преобразование совершилось на протяжении развития земноводных и пресмыкающихся, для чего выработались миотатический рефлекс (рефлекторное сокращение мышцы в ответ на ее растяжение), и механизм фиксации суставов конечностей наряду с механизмом реципрокной иннервации сгибателей и разгибателей суставов.

Выработка этих механизмов, управляемых еще сегментированным спинным мозгом, сопровождалась перестройкой нейронного строения спинального сенсорно-моторного аппарата с формированием централизованных стволовых механизмов регуляции движений. Управление тоническими лабиринтными и проприоцептивными рефлексами у животных, живущих в воде, или проводящих в ней, как земноводные и пресмыкающиеся, часть жизни отличается от того, что имеет место у млекопитающих, живущих на суше, и тем более у прямоходящего человека. Так, у млекопитающих хвост уже не является частью локомоторного аппарата, хотя у некоторых из них он еще выполняет функцию балансира; у человека же хвоста вообще нет. Зато у млекопитающих, и опять-таки особенно у человека, получили мощное развитие нервные структуры спинальных и стволовых предмозжечковых ядер, четверохолмия с его зрительным и слуховым центрами, красными ядрами и черной

субстанцией, а также подкорковые ядра и кора больших полушарий мозга. Все эти нервные структуры принимают участие в управлении статической и кинетической позной активностью человека. Достоверно изученные или предполагаемые, но всегда системно аргументированные механизмы такого управления составляют тот вклад, которым Е.К. Сепп развил концепцию Р. Магнуса.

Место позных рефлексов в системном механизме управления произвольными движениями человека подверглось тщательному рассмотрению в работе Н.А. Бернштейна. Его концепция [5] о кольцевом характере процессов управления и об иерархическом строении управляющей системы легли в основу современной биомеханической теории движений человека. Согласно Н.А. Бернштейну, возникновение в филогенезе очередного нового уровня управления знаменует собой биологический отклик на "на новое качество или класс двигательных задач", что "обязательно означает в то же время появление нового синтетического сенсорного поля, а тем самым и появление возможности реализации нового класса или контингента движений, качественно иначе строящихся и иначе управляемых, нежели те, которые были доступны данному виду до сих пор." [5, с.14]. Подчеркнем, что в исследовании Н.А. Бернштейна речь идет о психофизиологической иерархии функциональной системы, управляющей двигательным аспектом поведения человека, но не об иерархии целостной функциональной системы организма с такими ее уровнями как молекулярный, клеточный, органнй и поведенческий во всем психофизиологическом многообразии последнего. Более новые в филогенезе, они же и более высокие, уровни становятся: 1. все более тесно связанными с дистантными рецепторами и надстроенными над ними обобщающими кортикальными уровнями управления; 2. все более пригодными для осуществления разовых координаторных решений; 3. все более синтетичными, т.е. опирающимися на сложные психологически организованные синтетические сенсорные поля; 4. все более обогащенными элементами индивидуального опыта.

Имея в виду живые кинематические цепи человека, состоящие из мышечных рычагов, Н.А. Бернштейн говорит об избытке в них как кинематических степеней свободы, зависящих от строения сочленений, так и динамических степеней свободы, определяемых упругой мышечной связью между их звеньями. Движение каждого звена кинематической цепи является результатом взаимодействия трех видов сил: 1. внутренняя сила активного мышечного сокращения; 2. внешняя сила тяжести, сопротивления среды и т.п.; 3. реактивные внутренние и внешние силы, число и разнообразие которых бурно возрастает с увеличением количества степеней свободы движущегося органа. Избыток степеней свободы делает органы движения принципиально неуправляемыми, если иметь в виду лишь эффекторные импульсы. Преодоление избыточных степеней свободы движущегося органа с превращением его в управляемую систему обеспечивается работой сенсорных коррекций. В результате этой работы создается равнодействующая всех упомянутых сил, - она то и переводит систему из исходного состояния в требуемое, причем с требуемыми силой и скоростью. Сенсорные коррекции осуществляются по принципу рефлекторного кольца. Н.А. Бернштейн выделяет три уровня управления, имеющие прямое отношение к интересующей нас проблеме позной активности.

1. Рубро-спинальный уровень палеокинетических регуляций А. Это древнейший в филогенезе уровень управления, хотя такие его структуры как красные ядра верхнего ствола сформировались лишь у млекопитающих позвоночных (нижележащие отделы ствола мозга с мозжечком и спинной мозг относятся, по Н.А. Бернштейну, тоже к этому уровню). Сенсорные коррекции осуществляют здесь древнейшие компоненты мышечно-суставной чувствительности, отолитовые компоненты вестибулярной чувствительности, древнейшие компоненты кожной чувствительности. Вся эта рецепция сигнализирует животному "о положении и направленности его тела в поле земного тяготения и, что, может быть, является наиболее существенным для координации, о величинах растяжения (по длине) и напряжения (по силе) скелетных мышц" [5, с.50]. Класс регулируемых движений туловища и

его сегментов состоит из дрожательных движений (типа дрожи от холода, от страха); вибрационных движений (типа обмахивания веером, фортепианного вибрато со скоростью 7-8 уд/с или типа вибраций левой руки у скрипачей); разнообразных поз тела и конечностей, в том числе хваточных. В целом, это операционный фон любого движения в виде гибко реактивного мышечного тонуса.

2. Уровень синергий и штампов или таламо-паллидарный уровень В. Анатомический субстрат уровня составляют две пары самых крупных в головном мозгу подкорковых ядер: зрительного бугра (thalamus) и бледного шара (pallidum). Сенсорные коррекции осуществляют, как и на предыдущем уровне управления, по преимуществу суставно-мышечная чувствительность, но теперь уже суставно-угловая, геометрическая проприорецепторика скоростей и положений, и разнообразная кожная чувствительность-рецепции давления, глубинного осязания, восприятие дифференцированных прикосновений, уколов, вибраций и пр. Вестибулярные рецепции не используются. Рецепции обоняния, слуха и зрения также прямого отношения к сенсорным синтезам этого уровня не имеют. Все бесчисленные мышечно-суставные и кожные рецепции срастаются в исключительно полную и обстоятельную информацию о двигательном аппарате собственного тела - в проприорецепторике в точном смысле слова. Это налагает характерный отпечаток на регулируемый уровнем класс движений, - обычно это движения всего тела, которые можно обозначить двигательными формулами, синергиями, узорами или штампами, низшими автоматизмами. Типичны синергии, включающие мускулатуру образований средней линии тела, необходимые для локомоций, для эмоционально выразительных движений (в том числе пластика танца, вольной бесснарядовой гимнастики), синергии пантомимических и мимических движений.

3. Уровень пространственного поля (подуровень С1). Анатомически уровень представлен проекционными полями коры, получающими афферентацию уже обогащенную следами памяти от подкорковых ядер и коры полушарий нового мозжечка. Эта афферентация "не есть ни ощущение, ни их сумма" [5, с.81], а сенсорный синтез разнородных ощущений - прежде всего вестибулярных ощущений тяготения и ускорений, ощущений зрительных, глазодвигательных, связанных с аккомодацией и стереоскопическим зрением, осязательных, связанных с их местными знаками, проприоцептивными со всего тела и бесчисленными ощущениями других рецепторных систем. Ощущения объективированы, аperiodичны, метричны и геометричны. Следовательно, пространственное поле уровня "заполнено объектами, имеющими размер, форму и массу, и силами, действующими между этими объектами и исходящими тоже от внешних объектов" [5, с.83]. Все регулируемые уровнем движения экстравертированы и направлены во внешнюю среду: они несут, давят, тянут, берут т.п.; они переместительны и приспособительны к внешнему пространству, - это ходьба, лазание, ползание, плавание, ходьба на руках, по канату, на лыжах, гребля, езда на велосипеде, прыжки, спортивные движения и движения "манипулирования с пространством" - машинопись, движения рук по аппликатуе музыкальных инструментов, обведения контуров, указательные движения, подражательные и копирующие движения, изобразительные мимика и пантомима.

Дальнейшее развитие учения о позной активности человека в свете новых научных фактов и новых методических возможностей было выполнено В.С. Гурфинкелем [6], на основе собственных наблюдений показавшего, что стабилизация вертикальной позы тела не может быть достигнута лишь за счет упругих сил суставно-связочного аппарата, для этого необходима активная мышечная работа. По данным В.С. Гурфинкеля "при удобной стойке все основные суставы нижних конечностей и туловища (коленные, тазобедренные, плечевые), располагаются кпереди от отвесной линии, проходящей через голеностопные суставы. Шейный и поясничный изгибы позвоночника хорошо выражены. Вертикаль, опущенная из общего центра тяжести тела, проходит впереди оси голеностопных суставов (40-50 мм) и несколько позади оси тазобедренных суставов (10-30 мм). Голени отклонены

от вертикали на 4-5 градусов. Ноги согнуты в коленных суставах на 2-3 градуса.)". Статический момент в голеностопном суставе имеет наибольшую величину. Этот сустав всегда нагружен больше, чем коленный и тазобедренный, да и проекция общего центра тяжести тела располагается на значительном расстоянии от оси этого сустава. Поэтому активность мускулатуры, окружающей голеностопный сустав, выражена наиболее ярко. Чаще всего проекция общего центра тяжести не совпадает с сагиттальной плоскостью тела, в связи с чем нагрузка каждой конечности при удобном стоянии колеблется в пределах 50 плюс-минус 3-6 процентов всего тела. При продолжительном стоянии асимметрия нагрузки каждой из конечностей может достигать еще больших величин.

В соответствии с законами статики для равновесия тела необходимо, чтобы сумма всех сил, действующих на тело, и сумма моментов этих сил равнялась нулю. Вместе с тем из рассмотрения удобной стойки видно, что вес тела создает статические моменты относительно ряда суставов. Так, действие силы веса тела направлено на разгибание тазобедренных и коленных суставов и вызывает тыльное сгибание голеностопных суставов. Очевидно, что сохранение устойчивости той биомеханической системы, которую образуют звенья тела человека при удобной стойке, представляет сложную регуляторную задачу. При этом потенциальное множество степеней свободы двигательной системы значительно редуцируется в актах управления в связи с формированием функциональных синергий, адаптивно значимых для данного организма. Активное регулирование вертикальной позы обнаруживается в степени ее устойчивости, что можно оценивать средней амплитудой колебаний проекции общего центра тяжести на фронтальную и сагиттальную координаты плоскости опоры.

Методика, позволяющая проводить точный количественный пространственно-временной анализ устойчивости стояния, получила наименование стабилотрии. В этой методике испытуемый стоит на площадке, которая опирается на металлические опоры. Деформация этих опор связана с колебаниями общего центра давления испытуемого, степенью неустойчивости его позы. Встроенные датчики преобразуют механическую энергию колебаний тела в электрическую. Результаты стабилотрического исследования дали основание В.С. Гурфинкелю поддержать идею Н.А. Бернштейна о многоуровневом управлении двигательной сферой человека, в частности вертикальной позой тела. В каждой паре смежных уровней управления основная работа по регулированию осуществляется более низко расположенным из уровней, - его реакции более быстры и чувствительны. Контролируется же и направляется эта работа более высоко расположенным уровнем пары. Так, быстротекущие реакции равновесия регулируются проприоцептивной информацией, тогда как направляются эти регуляции более инерционной суставной, вестибулярной и зрительной рецепцией.

Таким образом, можно констатировать, что за прошедшее столетие были достигнуты определенные успехи в изучении позной активности человека. При этом сложилось несколько направлений в изучении ее, которые далеко не всегда оказались взаимосвязанными друг с другом, даже в плане их исторической преемственности. Отсюда следует, что для продолжения исследований в этой области был бы очень желателен синтез как оправдавших себя методологических подходов к проблеме, так и уже накопленных знаний. Обобщая, можно сказать, что опыт всех исследователей свидетельствует в пользу системной методологии исследования, которая в начале XXI века вряд ли может быть в физиологическом исследовании иной, чем системно-функциональной. Вслед за Р. Магнусом следует культивировать полидисциплинарное научное исследование позной активности и в широком биологическом контексте, как это делали Н.А. Бернштейн и Е.К. Сепп; нужно обсуждать проблему вслед за Е.К. Сеппом и Н.А. Бернштейном в свете конкретных знаний о строении центральной нервной системы человека; нужно постоянно совершенствовать методику физиологического исследования, как это делали Н.А. Бернштейн и В.С. Гурфинкель, привлекая к нему математическое моделирование изучаемых процессов, а

также опираясь на концепцию П.К. Анохина относительно функциональной системы и развивающих эту концепцию представления К.В. Судакова о системном квантовании поведения.

Делая ключевой единицей планируемого исследования квант целенаправленной деятельности человека (квант поведения), в нашем случае деятельности по поддержанию вертикальной позы, кажется целесообразным лишний раз вдуматься в этот термин. К.В. Судаков [7], развивая мысль П.К. Анохина о том, что непрерывный континуум поведенческой деятельности животных и человека можно разбить на дискретные отрезки, связанные с удовлетворением их ведущих потребностей, присвоил дискретным единицам поведения наименование квантов и выделил несколько видов квантования поведения: последовательное, иерархическое и смешанное. "Наряду с последовательным квантованием широко распространено иерархическое квантование поведения. В этом случае удовлетворение ведущей потребности может быть значительно отодвинуто во времени и для этого должны быть удовлетворены несколько промежуточных потребностей, объединенных как в последовательный, так и в иерархический ряд. Примером может служить конструирование человеком любого изделия, когда для создания конечного продукта необходимо решить несколько промежуточных задач со своими конечными результатами. Точно также для достижения конечных социально и лично значимых результатов спортсмены совершенствуют отдельные этапы своей деятельности." [7, с.128]. Приведенные положения К.В. Судакова, как и его принципиальные схемы последовательного и иерархического квантования поведения не оставляют, к сожалению, сомнения в том, что термин квант поведения не имеет корреляций с единицами, выделяемыми в психологии - науке, предметом изучения которой и является поведение. Психологи считают, что структурно-функциональными единицами поведения являются деятельность, действия и операции. Эти единицы разного масштабного уровня образуют естественную иерархическую структуру: деятельность структурируют действия, действия - операции. Эти дискретные психологические кванты поведения и образуют его иерархическую макроструктуру. Собственно говоря, в основе математической модели целенаправленной деятельности Г.Ц. Агаяна и лежит такая иерархическая структура, которая принципиально отличается от схемы иерархического квантования поведения К.В. Судаковым. Таким образом, вряд ли можно говорить, что квантовая модель Г.Ц. Агаяна одной из своих предпосылок имеет представления К.В. Судакова о квантах поведения и о его квантовании

Следующий шаг вперед в обоих указанных направлениях был осуществлен Г.Ц. Агаяном [8], который подошел к изучению позы человека в структуре целенаправленной психической деятельности. Для изучения системных механизмов поддержания вертикальной позы человека была разработана "методика подмен", позволяющая экспериментатору искажать поток естественной обратной афферентации и изучать связанную с этим реорганизацию адаптивных механизмов. Упомянем также разработку методики для изучения латерализационных механизмов стояния на двух ногах, одной левой и одной правой. Кроме того у испытуемых изучалось вегетативное сопровождение позы активности в виде совокупности различных осциллограмм. Стремление к полипараметрическому изучению состояний испытуемых, связанных с необходимостью длительного поддержания вертикальной позы, остро поставило вопрос об алгоритмизации анализа данных физиологического эксперимента. В основу разработанной математической модели были положены концепция П.К. Анохина относительно функциональной системы и развивающие эту концепцию представления К.В. Судакова о системном квантовании поведения. Такая математическая модель, получившая наименование иерархической квантовой модели целенаправленной деятельности, представляет полиграмму физиологического эксперимента как совокупность случайных процессов со скачкообразно изменяющимися вероятностными свойствами. Квазистационарные участки стабильности рассматривались как отдельные кванты

деятельности. Были высказаны качественные суждения об особенностях выделяемых квантов и о закономерностях их чередования. В качестве экспериментальных моделей были выбраны "удобная стойка" и поза спортивной стрельбы. Первая из этих моделей рассматривалась в качестве базовой, на которой были выявлены основные принципы системной организации целенаправленной деятельности. На основе второй модели были определены ранее неизвестные закономерности, такие, например, как закономерности организации иерархии взаимодействующих subsystem. В рамках этого подхода был показан иерархический характер квантования поведенческого акта стояния. Каждый уровень системного управления им включает в себя, учитывая стационарные и нестационарные участки стабилметрических кривых, блок, реализующий некоторое множество программ действий, и блок перебора этих программ. Дальнейшая обработка позволила проводить разбиение стабิโลграммы на участки на интервале всего длительного (одночасового) эксперимента. Так, оказалось возможным представить случайный процесс в виде отдельных квазистационарных участков, разделенных друг от друга нестационарными участками. "Нестационарные" участки носили "взрывной" характер и рассматривались в качестве механизма переключения (перехода) с одной программы действий на другую.

Больше того, если быть строгим, то ни Г.Ц. Агаян, ни К.В. Судаков не могут считать, что они развивают идею своего учителя П.К. Анохина о дискретизации живыми существами окружающего их пространственно-временного континуума по принципу сравнительной важности оказываемых воздействий для выживаемости биологических организмов. Такой субъективный ценностный план в моделях этих авторов либо в явной форме не учитывается (Г.Ц. Агаян), либо смешивается с их объективным планом (К.В. Судаков). О последнем можно судить на примере того, что субъективный план поведения (мотивация) и объективный результативный оказываются в одном и том же ряду, что противоречит смыслу положения П.К. Анохина, и что психологически неверно.

Согласно психологии, деятельность актуализируется мотивом, действие целью, а операция - задачей. Все эти субъективные оценочные единицы поведения - мотив, цель, задача - генетически связаны с его потребностной стороной; свою дискретную форму и системную коррелированность с объективно наблюдаемыми единицами поведения они получают в процессе опосредствования познавательным содержанием (предметным, речевым, языковым, интеллектуальным).

Неудовлетворительность схемы К.В. Судакова (рассматриваемой, например, для случая монтажной деятельности) не только в том, что в ней рядом положены субъективный и объективный планы поведения, но и в том, что в ней нашли отражение лишь социально результативные для стороннего наблюдателя целевые действия (взятие цилиндра, установка пластины на цилиндр, сварка двух частей, отбрасывание готового изделия), тогда как не менее важные для монтажной деятельности рабочего целевые действия, хотя и не имеющие социально результативного характера, напр., придание рабочим определенной позы своему телу и своим рукам, зрительное восприятие цилиндра, стержня и пластинки, взятие в руку сварочного инструмента, включение и выключение его, контролирование взорными движениями рабочих движений рук, оказались не упомянутыми. Такая односторонняя схематизация деятельности с отражением в ней лишь интересных для экспериментатора структурных элементов лишают соответствующие квантовые математические модели и ориентированные на них алгоритмические программы значительной доли физиологического и психо-физиологического интереса.

Вообще говоря, если вводимое в физиологию понятие кванта поведения не согласуется со взглядами психологов, то это плохо, причем плохо прежде всего для физиологии, ибо означает, что барьер между традиционной физиологией животных и физиологией человека по существу остается не преодоленным. Между тем этот барьер может быть преодолен, и в частности может быть выработан единый подход к проблеме квантования поведения. Ведь как в психологии, так и в физиологии признается, что

поведение организма (и животных, и человека) направляется одним и тем же оператором - потребностью адаптации к среде или, иначе, оно ориентировано на достижение адаптивно значимого результата. Больше того, как в психологии, так и в физиологии подход к квантованию поведения тоже один и тот же - структурно-функциональный, хотя и с разной акцентуацией.

Психологи делают акцент на качественной квалификации квантов поведения. Именно в качественной специфике конкретных действий (предметных, речевых, языковых, интеллектуальных) реализуется мотив деятельности.

Физиологи школы П.К. Анохина подчеркивают процессуальную "архитектонику" квантованного поведения, делая его кульминацией момент принятия решения. В этот момент процесс, который одновременно обрабатывает на основе доминирующей мотивации всю прошедшую в мозг афферентную информацию и производит непрерывное сопоставление ее с прошлым опытом, переводит результаты такой обработки на эфферентные пути, точно соответствующие распределению возбуждений для получения нужного результата.

В школе Н.А. Бернштейна наводятся, как говорил П.К. Анохин, "концептуальные мосты" между физиологией и психологией, с одной стороны, и между физиологией и неврологией, с другой. Как и психологи Н.А. Бернштейн считает основными единицами поведения качественно специфические действия; он продолжает традиции психологии в квалификации двигательных действий, и квалифицирует при этом двигательные действия не только осознаваемого психического, но и неосознаваемого. В психологические описания действий он привносит характерные для физиологии подробные описания их анализаторной модальности. В целом, состав действий в структуре произвольного двигательного поведения оказался наиболее полно описанным именно в работах Н.А. Бернштейна.

Достоинство работы Н.А. Бернштейна еще и в том, что качественно специфичные двигательные действия были приурочены им к деятельности определенных подсистем мозга, образующих в совокупности функциональную иерархию. В этой иерархии оказались непротиворечиво совмещенными представления психолога, физиолога и невролога относительно единиц (квантов) двигательного поведения.

В психологии считается, что каждое целенаправленное действие формируется и реализуется бесконечным множеством операций, структура которых детерминирована условиями, в которых оно совершается. Принципиально то же самое находим и в физиологических воззрениях. Решения о тех или иных действиях принимаются на основе изменчивых афферентных потоков, а программы, в которых они реализуются, осуществляются под контролем не менее изменчивой обратной афферентации (П.К. Анохин) или под контролем бесчисленных сенсорных коррекций (Н.А. Бернштейн); специфические в уровне отношении двигательные действия "стандартны только благодаря тому, что их сенсорные коррекции и эффекторные импульсы нестандартны" [5, с.175].

Все единицы поведения имеют в психологии два плана: объективный (деятельность, действие, операция) и субъективный (мотив, цель, задача). Объективному отражательному плану поведения в физиологии соответствует его субъективный оценочный план. Любое принятое решение с объективной операционной структурой - есть адаптивно значимый, т.е. подвергшийся субъективной оценке, квант поведения. Приоритетному осознаваемому действию в структуре деятельности у психологов соответствуют физиологические понятия доминирующей мотивации в составе афферентного синтеза (П.К. Анохин) и ведущего уровня управления системы (Н.А. Бернштейн).

Структура деятельности в процессе ее осуществления, по мнению психологов, может вариативно перестраиваться (меняются мотивы, цели и задачи, мотивы более или менее конкретизируются в цели и задачи; соответственно деятельность разворачивается как специфические действия и операции; операции обобщаются в действия, действия в

деятельность); этой изменчивости психологических единиц поведения соответствуют процессуальный перестройки отношений взаимодействия и субординации между элементами функциональной системы в представлениях П.К. Анохина и перестройки ведущего и фоновых уровней в системе управления двигательным актом в концепции Н.А. Бернштейна.

Таким образом, специальное рассмотрение вопроса о психологических и физиологических единицах (квантах) поведения обнаруживает не только системные корреляции, но и обогащает и делает многограннее содержание этого вопроса. Поэтому целесообразно синтезировать все три аспекта относительно квантования поведения: психологический и оба физиологических. Все три этих аспекта должны раскрывать содержание квантовой математической модели деятельности человека, полностью сводящейся к поддержанию вертикальной позы или только включающей в себя позную активность на правах одного из ее действий. Целесообразность такого синтетического подхода можно аргументировать еще и потребностями непосредственно стабиллометрического эксперимента.

Еще в [6] была высказана мысль о том, что полиморфный характер зубцов стабиллограммы можно объяснить суммарным действием смещений во всей многозвенной системе человеческого тела, обладающей разными характеристиками собственной частоты колебаний отдельных звеньев. И хотя колебания одних частей тела сплошь и рядом гасятся противофазными колебаниями других, нестационарный характер конечной стабиллограммы говорит в пользу того, что попытка выделения ее отдельных операционных составляющих вполне правомерна. Одной из успешных попыток такого рода представляется анализ статистической операционной структуры стабиллограммы в условиях длительного поддержания вертикальной позы [8] и положенный в основу математической модели квантовой деятельности человека. Полиморфизм зубцов стабиллограммы зависит, однако, не только от сложности операционного состава действий, управляющих поддержанием стабильных статических поз, но также и от структуры действий в составе данной деятельности, да и от типа самой деятельности. Так, было показано, что стабильность "удобной стойки", а вместе с ней и стабиллограммы, меняется при открытых и закрытых глазах испытуемого. С другой стороны, хорошо известно, что стояние и ходьба у детей, а также у ряда больных неврологической клиники, становятся более стабильными, когда испытуемые "стоят и ходят с помощью глаз" [9]. Противоречивость этих свидетельств устраняется, если дать себе отчет о функциональной структуре деятельности испытуемых, что можно делать в любой скоррелированной системе понятий: психологической, процессуально-механизменной или невролого-иерархической, физиологической. Зрение способствует стабилизации позы испытуемых и соответственно стабиллометрических показателей, когда оно бывает необходимо для осознаваемого плана целенаправленных действий (когда зрительная афферентация входит в состав доминирующей мотивации или когда зрительные сенсорные коррекции осуществляются ведущим уровнем управления) и оно эту позу и стабиллометрические показатели дестабилизирует, когда они относятся к бессознательному плану поведения (когда зрительная афферентация не имеет отношения к доминирующей мотивации или когда необходимые сенсорные коррекции осуществляются фоновыми уровнями управления). Вариативность частотных стабиллометрических показателей тоже может быть результатом изменчивости не только операционного состава позной активности испытуемых. В длительных стабиллометрических экспериментах было подмечено [8], что по мере утомления испытуемых у них растет высокочастотная составляющая стабиллограммы. Так как этот эффект коррелирует с повышением частоты и в картине параллельно фиксируемой респирограммы, - признанным сигнализатором степени эмоционального напряжения, то частотные особенности стабиллограмм в этом случае не приходится интерпретировать как следствие операционных изменений одного из действий, - это знак меняющейся общей мотивационно-энергетической стороны поведения.

Во всяком случае, взяв стабилметрическую методику для изучения не узко познай статики человека, а его целостной психологически содержательной деятельности, необходимо подключить к анализу структурно-функциональные критерии, которые должны допускать системную психологическую интерпретацию полученных физиологических экспериментальных данных и, наоборот, системную физиологическую интерпретацию таких психологических данных, как субъективные эмоциональные состояния испытуемых, их профессиональную, в частности спортивную компетентность, возрастные особенности личности и т.п. На этом пути нам видится возможность перейти от констатации информативности ряда векторных параметров стабิโลграммы для общей оценки роли анатомических, биологических и психофизиологических факторов в процессе поддержания вертикальной позы человеком к соответствующим конкретным оценкам [9-14].

Подводя итоги сказанному, отметим следующее.

1. Значение в изучении познай активности стволовых механизмов мозга было открыто Р. Магнусом. Наличие в стволе мозга двух центров равновесия: 1) безусловно-рефлекторного, реагирующего на вестибулярную рецепцию и восстанавливающего нарушенное равновесие, в его среднем отделе и 2) условно-рефлекторного, реагирующего на градуальные кожные и мышечно-суставные, а также зрительные, рецепции и предупреждающего возможные нарушения равновесия, в его верхнем отделе были констатированы Е.К. Сеппом. Он же уделил большое внимание изучению в механизме вертикализации позы предмозжечковым ядрам, мозжечку и четверохолмным структурам, формирующим целостное адаптивное поведение организма оборонительного и ориентировочно-исследовательского типов.

2. Н.А. Бернштейн противопоставил управление статикой позы посредством рецепции мышечных усилий и напряжений управлению познай кинетикой посредством рецепции углов и скоростей движущегося органа, связав последнее с подкорковыми таламо-паллидарными структурами мозга. Как функциональный фон познай активность была им описана и в структуре кортикальных уровней управления предметными движениями, в афферентации которых ведущую роль играют уже дистантные виды рецепции: зрительная и слуховая. В своей концепции о построении движений Н.А. Бернштейн подчеркнул наличие в двигательной системе человека огромного избытка степеней свободы: кинематических, обусловленных биомеханически, и динамических, связанных с активной мышечной работой. Любое движение, любая поза, есть результат взаимодействия внутренних сил активного мышечного сокращения, внешних сил земного тяготения и сопротивления среды, а также внутренних и внешних реактивных сил. Преодоление избыточных степеней свободы движущегося органа с превращением его в управляемую систему обеспечивается работой сенсорных коррекций по принципу рефлекторного кольца.

3. Утверждая, что активное регулирование вертикальной позы тела, обнаруживаемое в степени его устойчивости, можно оценивать средней амплитудой колебаний центра тяжести тела на фронтальную и сагитальную координаты плоскости опоры, В.С. Гурфинкель показал, что устойчивость вертикальной позы человека, как жесткого физического тела, тем выше, чем больше площадь его опоры и чем ниже расположен его центр тяжести. Когда колебания центра тяжести становятся столь велики, что его проекция выходит за границы опорного контура, человек падает; в норме это случается редко, ибо проекция площади колебаний центра тяжести тела в несколько раз меньше площади его опоры, а вестибулярная рецепция субординирована мышечно-суставной и зрительной, что позволяет предупреждать возможные нарушения вертикальной позы тела. Согласно В.С. Гурфинкелю, полиморфный характер зубцов стабิโลграммы можно объяснить суммарным действием смещений во всей многозвенной системе тела, обладающей разными характеристиками собственной частоты колебаний отдельных звеньев.

4. Динамическая векторная стабилметрия со статистической обработкой экспериментальных данных, позволяет изучать познай активность и двигательное

поведение, в целом, как системно организованную деятельность и судить о ее биомеханических, неврологических и психо-физиологических компонентах. Эфферентный интеграл позной активности включает в себя наряду с соматическими двигательными составляющими также вегетативные (дыхательные, сердечно-сосудистые и пр.), а также афферентные (кожные, мышечно-суставные и пр.). Множественный набор этих составляющих позволяет говорить о необходимости математического моделирования двигательной, в том числе позной, активности и алгоритмизации анализа стабิโลграфических данных, а также обратить внимание на "эфферентный синтез" - одну из форм обратной афферентации по П.К. Анохину.

5. Для продолжения физиологического изучения позной активности необходим синтез как оправдавших себя методологических подходов к проблеме, так и уже накопленных фактов. Математическое моделирование поведения человека с расчленением его на отдельные кванты требует не допускать противоречий со структурно-функциональными представлениями ни психологии, ни неврологии. Физиологическое исследование человека должно быть психо-физиологическим, т.е. его экспериментальные факты должны подвергаться системной психологической интерпретации, а такие психологические характеристики поведения как субъективное эмоциональное состояние испытуемых, их профессиональная квалификация и уровень культуры, возрастные особенности личности и т.п. должны быть включены в предмет рассмотрения физиолога.

Список литературы

1. Rosenblum M.G., Firsov G.I., Kuuz R.A., Pompe V. Human Postural Control - ForcePlate Experiments and Modelling // Nonlinear Analysis of Physiological Data. / Ed. by H. Kantz, J. Kurths and G. Mayer-Kress. - Berlin: Springer, 1998. - P.283-306.
2. Винарская Е.Н., Кууз Р.А., Фирсов Г.И. Методы компьютерной стабิโลграфии и нелинейной динамики в задачах оценки функционального состояния человека // Успехи современного естествознания. - 2005. - № 6. - С. 60-61.
3. Магнус Р. Установка тела. - М.-Л: Изд. АН СССР, 1962. - 623 с.
4. Сепп Е.К. История развития нервной системы позвоночных. - М.: Медгиз, 1949. - 419 с.
5. Бернштейн Н.А. О построении движений. - М.: Медгиз, 1948. - 255 с.
6. Гурфинкель В.С., Коц Я.М., Шик М.Л. Регуляция позы человека. - М.: Наука, 1965. - 256 с.
7. Судаков К.В. Общая теория функциональных систем. - М.: Медицина, 1984. - 224 с.
8. Агаян Г.Ц. Квантовая модель системной организации целенаправленной деятельности человека. - Ереван: Айастан, 1991. - 224 с.
9. Винарская Е.Н., Кууз Р.А., Ронкин М.А., Фирсов Г.И. Взаимосвязь афферентного и эфферентного системного синтеза в изучении постральной активности человека // Информатика и системы управления. - 2008. - № 2(16). - С.115-116.
10. Винарская Е.Н., Кууз Р.А., Ронкин М.А., Фирсов Г.И. Топологические аспекты афферентного и эфферентного системного синтеза в задачах изучения постральной активности человека // Информатика и системы управления. - 2009. - № 4(22). - С.44-46.
11. Винарская Е.Н., Кууз Р.А., Ронкин М.А., Фирсов Г.И. Исследование процессов взаимодействия афферентного и эфферентного системного синтеза в постральной активности человека // Информатика и системы управления. - 2010. - № 2(24). - С.47-49.

12. Винарская Е.Н., Кууз Р.А., Фирсов Г.И. Исследование дискриминантно-прогностической способности количественных характеристик нелинейной динамики процессов регуляции позы в задачах клинической неврологии // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2010. – С.317-320.
13. Кууз Р.А., Фирсов Г.И. Применение методов компьютерной стабилотрии для решения задач функциональной диагностики в неврологии // Биомедицинская радиоэлектроника. 2001. -№ 5-6. -С. 24-33.
14. Розенблюм М.Г., Фирсов Г.И., Кууз Р.А., Суслов В.Н. Исследование хаотических колебаний в нелинейной системе управления поддержанием вертикальной позы тела человека // Вестник научно-технического развития: Интернет-журнал. – 2007. - № 3. - С.32-42.