

ВКЛАД НИКОЛАЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА В РАЗВИТИЕ БИОМЕХАНИКИ

Его вклад можно разделить на несколько этапов

1 этап. Он заложил основы современной биомеханики и теории управления движениями человека. Труды Бернштейна оказали влияние на развитие физиологии, психологии, спортивной педагогики, биологии, кибернетики, философии естествознания, а педагогическое приложение идей используется в сферах, требующих формирования двигательных навыков. Талант Н. А. Бернштейна как экспериментатора и изобретателя проявился в том, что он разработал метод микроскопии времени

Организм рассматривается им не как пассивная реактивная система, отвечающая на внешние стимулы и приспособляющаяся к условиям среды (так считали мыслители периода «классического» механицизма в физиологии), а как созданная в процессе эволюции активная целеустремленная система. Действия этого организма направлены каждый раз на удовлетворение своих потребностей, на достижение определенной цели, которую Н. А. Бернштейн образно назвал «моделью потребного будущего». Иначе говоря, процесс жизни есть не «уравновешивание с окружающей средой», а преодоление этой среды. Он направлен не на сохранение статуса, а на движение в сторону родовой программы развития и самообеспечения. Таким образом, живой организм — это противящаяся энтропии, неэнтропийная система. Такое понимание жизненных процессов является проявлением принципа материалистической телеологии, принципа целе-сообразности (сообразности цели!) характера действий живого организма. При таком понимании жизнедеятельности организма требовалась новая методика изучения его движений. Если в классической механистической физиологии движения изучались в лабораторных условиях, то Н. А. Бернштейн считал необходимым изучать их в естественных (практических) условиях. Им была создана методика, позволившая получать на светочувствительной пленке полную и ясную картину (в виде ряда кривых) того, как и с какой скоростью передвигаются те точки тела движущегося человека, перемещение которых в трехмерном пространстве имеет наиболее важное значение при том или другом двигательном акте. Разработаны были и методы анализа получаемых кривых, вычисления по ним сил, действующих на движущуюся часть тела. Свою методику Н. А. Бернштейн назвал кимоциклографией и циклограмметрией. Номенклатура движений и действий, изучавшихся Н. А. Бернштейном: ходьба, бег, прыжки, письмо, раз-нообразные трудовые и спортивные движения, движения пианиста и т. д. Микроскопия времени уже в начале 1930-х годов давала характеристики пространственных и угловых перемещений звеньев тела, скоростей и ускорений точек этих звеньев, наконец, динамических усилий в центрах тяжести, как отдельных звеньев, так и целых систем. Циклограмметрические данные соединяли в себе преимущество высокочастотной кино съемки (от 100 до 200 снимков в секунду) со значительной точностью измерения. Измерение мгновенных положений движущихся частей тела идущего и бегущего человека производилось с точностью 0,5 мм натуральной величины. Сегодня эта микроскопия времени выполняет функцию зонда и позволяет проникать в микроструктуру и микродинамику движения

Он как будто с самого начала знал девиз И. П. Павлова: «Все в методе», благодаря чему он не только нашел счастливый, вечно актуальный и неисчерпаемый предмет исследования — живое движение, — но усовершенствовал старые и разработал принципиально новые методы его исследования, за что удостоился высшей похвалы А. А. Ухтомского. Последний сказал, что Н. А. Бернштейну принадлежит заслуга создания микроскопии времени, микроскопии хронотопа при изучении не неподвижных архитектур, но микроскопии движения в текуще меняющейся архитектуре при ее деятельности. А. А. Ухтомский поставил имя Бернштейна рядом с именами Левенгука и Мальпиги.

2 этап. Николай Александрович создал одну из первых чётких формулировок понятия обратной связи в физиологии,

На самых первых порах изучения движений Бернштейн обнаружил, что при повторении одного и того же движения, например удара молотком по зубилу, рабочая точка молотка каждый раз очень точно попадает по зубилу, но путь руки с молотком к месту удара при каждом ударе в чем-то различен. И повторение движения не делает этот путь одинаковым. «Повторением без повторения» назвал это явление Н. А. Бернштейн. Значит, при каждом новом ударе нервной системе не приходится точно повторять одни и те же «приказы» мышцам. Каждое новое движение совершается в несколько отличных условиях. Поэтому для достижения того же результата нужны иные «команды» мышцам. Тренировка движения состоит не в стандартизации «команд», не в научении «командам», а в научении каждый раз быстро отыскивать «команду», которая в условиях именно этого движения приведет к нужному двигательному результату. Нет однозначного соответствия между результатом движения и «командами», посылаемыми мозгом к мышцам. Есть однозначное соответствие между результатом движения и «образом потребного будущего», закодированном в нервной системе. Движения, конечно, регулируются чувствованиями (И. М. Сеченов), но столь же верно, что чувствования, — образ, регулятор, — строятся посредством движения. Подтверждается положение И. М. Сеченова о том, что элементами мысли, наряду с чувствованиями, являются личные действия

Для выполнения того или другого движения мозг не только посылает определенную «команду» к мышцам, но и получает от периферийных органов чувств сигналы о достигнутых результатах и на их основании дает новые, корректирующие «команды». Таким образом, происходит процесс построения движений, в котором между мозгом и периферийной нервной системой существует не только прямая, но и обратная связь. Этот опыт научил его, что движение неповторимо, что разброс неустрашим. Одна и та же цель может быть достигнута многими способами (траекториями), и все они эффективны

3 этап. Николай Александрович высказал идею о по уровневой организации движений.

Им разработана иерархическая система функциональных и неврологических уровней построения движений: от простейших, фоновых уровней, поддерживающих мышечный тонус и обеспечивающих синергические взаимодействия мышечных групп... до уровня действий и их символических координаций. Замечательная

особенность этой работы состоит в совмещении эволюционного, структурного, функционального, неврологического, поведенческого и культурного аспектов рассмотрения движений и действий. Для построения движений различной сложности «команды» отдаются на иерархически различных уровнях нервной системы. При автоматизации движений эта функция передается на более низкий уровень. Многочисленные наблюдения и эксперименты полностью подтвердили эту гипотезу. Уже из приведенного выше ясно, какое большое значение имеют результаты исследований Н. А. Бернштейна — не только теоретическое, но и для практиков: для спортивного тренера и спортсмена, для музыкального педагога и музыканта-исполнителя, для балетмейстера и артиста балета, для режиссера и актера, для всех тех профессий, для которых важно точное по результатам движение, особенно если оно совершается в необычных условиях.

4 этап. В связи с недостаточностью понятия «рефлекторной дуги» Николай Александрович для объяснения двигательных актов ввёл понятие «рефлекторного кольца», основанное на трактовке всей системы отношений организма со средой как непрерывного циклического процесса.

Но очень рано, еще в 1920-е годы, в эпоху расцвета бихевиоризма в США (Бихевиоризм – одно из направлений социальной психологии, которое рассматривает поведение человека как результат воздействия факторов окружающей среды. Основные положения теории бихевиоризм основываются на формуле «стимул-реакция»), рефлексологии и реактологии в России он понял, что прежде всего нужно замкнуть рефлекторную дугу или закрыть, замкнуть открытый контур регулирования движения, сделать схему кольцевого управления. Парадигма реактивности уступила место парадигме активности. Мертвая реакция, линейная стимульно-реактивная схема стала живым кольцом. Но даже если в кольце действительно происходит вихревое движение Декарта, оно не может вечно оставаться кольцом. Оно разрывается или взрывается, но не только по внешней, а по своей собственной логике (и психологии), итогом чего является превращение замкнутого кольца в бесконечную спираль развития действия, деятельности, сознания.

Рефлекс — не сумма рефлексиков, деци- и миллирефлексов, скомпонованных в одно целое благодаря вмешательству интеграции. В то же время рефлекс не есть и слагаемое, суммирование которого с ему подобными может дать (с помощью интеграции) действия любых уровней качественной сложности; эти высокоорганизованные действия. Бернштейн приводит изящное выражение Ф. Бейтендайка, «рефлекс — не элемент действия, а его предельный случай». Сам он на основании физиологических данных отрицает существование безусловных рефлексов: «Безусловного рефлекса, как его понимали раньше, не существует в природе; существуют только более или менее стойкие формы проводимости данного синапса в данных условиях, немедленно меняющиеся, если испытать этот же синапс в изменившихся условиях»

Кольцо Бернштейна принципиально открыто, что, конечно, не возвращает идею кольца к идее разомкнутой рефлекторной дуги. Дело в том, что «пустое», на первых порах, кольцо постепенно заполнялось самим Бернштейном, а затем его многочисленными последователями,

использовавшими методы микроструктурного и микродинамического анализа движений, целым рядом когнитивных, эмоционально-оценочных и исполнительных компонентов, опутанных паутиной прямых и обратных связей. К их числу относятся такие блоки функций, как образ ситуации, образ действия, блоки интегральных и дифференциальных программ, схем памяти, контроля и коррекций и др. Все вместе они позволяют осуществлять не только переход от наличной ситуации к потребной, но и оценивать состояние и возможности такого перехода. Поэтому речь должна идти не о рефлекторном, а о рефлексивном кольце, скорее даже о нескольких встроенных одно в другое кольцах. Наружное кольцо открыто к ситуации и к полю действия. Подобная организация обеспечивает не только оценку смысла двигательной задачи, но также и оценку ее решаемости, достижимости цели действия и цены такого достижения. Иное дело, что такие оценки бывают ошибочными: встречаются люди, пытающиеся преодолеть пропасть в два прыжка, встречаются и такие, которые вооружаются компасом, переезжая через лужу. Только вместе — открытость к среде и рефлексивная проработка целесообразности, возможности реализации действия и его последствий обеспечивают эффективное поведение и деятельность, в том числе не только адаптацию к среде, но и ее преодоление

5 этап. Двигательные рефлексы он рассматривал как «элементарные действия», несводимые к нервным импульсам.

Ударное движение — это монолит и паутина на ветру. В 1922–1924 годах, анализируя циклограммометрические записи ударом молотком по зубилу или ударов кузнечной кувалдой, он назвал каждое движение монолитом, а серию записей движений, наложенных друг на друга, — паутиной на ветру

На основании полученного экспериментального материала Н. А. Бернштейн преодолел распространенную в психологии и физиологии «абстракцию простого движения», согласно которой двигательный эффект рассматривался как неизменное и простое «точечное» событие, однозначно вызываемое другим, столь же простым событием — возбуждением определенной зоны коры больших полушарий

По его словам, движение как функциональный орган обладает биодинамической и (добавим сегодня) чувственной тканью. Этот орган эволюционирует, инволюционирует, обладает реактивностью, добавим сегодня, чувствительностью, зачатками рефлексии: движение реагирует как живое существо. Мало этого, функциональный орган пронизывает кровеносная система смысла (метафора Г. Г. Шпета), обеспечивающая прямые и обратные связи, которые могут закупориваться, склерозироваться, вызывать ступор, шок и т. П

Вся жизнь Н. А. Бернштейна была посвящена изучению механизмов произвольного, в пределе — свободного, действия. Он пришел в итоге к парадоксальному результату: чтобы осуществить свободное действие, необходимо преодолеть и ограничить избыток кинематических степеней свободы человеческого тела.

6 этап. Изучение целесообразного характера действий живого организма. Концепция физиологии и биологии активности положила

начало развитию новых принципов понимания жизнедеятельности организма. Поставив в центр внимания проблему активности организма по отношению к среде, Бернштейн подвёл широкую научную, в том числе экспериментальную, базу под изучение целесообразного характера действий живого организма.

Новизна подхода Бернштейна состоит во введении представлений о функциональной структуре движений, понимаемых как органы человека и в расшифровке соответствующих им структур нервной системы. Цельность теории построения движения, казалось, прямо не вытекает из биомеханического, феноменологического и психологического анализа движений и действий, выполненных на первом этапе его научной деятельности.

«Мозг есть организованная система. Качества и возможности нервного процесса таковы, что каждому морфологическому атому по отдельности присущи элементы этих качеств и возможностей, а не потому, что они могут содержаться в готовом виде в отвлеченно мыслимой динамической волне. Этих качеств нет ни в одном, ни в другом слагающем; они возникают как необходимое следствие организации нервного процесса и кроются именно в системных взаимоотношениях, определяемых этой организованностью

7 этап. Изменил представление о локализации функций в нервной системе, предложил эффективные приёмы восстановления её нарушений.

Системная организация коры головного мозга обладает большим количеством неврональных «этажей», более далеких от периферического тела, чем ее первичные «входные и выходные ворота». Бернштейн пишет: «Кора оказалась субординационной системой, в которой одни поля являются проекционными по отношению к другим и которой бесспорно доступны бесчисленные иные организационные формы, кроме элементарного суммирования параллельно включаемых слагаемых. И именно в этой субординационной организации и заложена для мозга возможность неограниченного созидания новых качеств и категорий». Он оспаривает «армаду авторитетов», включая Ч. Шеррингтона и И. П. Павлова, что нервная система играет интегрирующую (объединяющую) роль. В интегрировании и объединении может нуждаться только то, что само по себе не интегрально и не едино — чего о нервной системе и ее отправлениях сказать никак нельзя. Но эта интегрирующая функция, продолжает Бернштейн, может быть, и существует у нервной системы, но только как одна из самых древних, первоначальных функций во всем ее филогенезе, которая может быть возглавляющей только на самых ранних ступенях эволюционного процесса. А более новые отправления нервной системы протекают на основе этой первичной интегральности, но протекают как борьба с нею, как преодоление этой доисторической генерализации «качества нервного процесса не суммируются из качеств отдельных частей его субстрата, а возникают из их совместной системной организации. «Координационный процесс не течет, ни в составе самого тетанического импульса, ни следом за ним; он течет впереди, прокладывая и организуя ему дорогу и притом течет явно по каким-то другим путям и пользуется какими-то особыми иннервационными процессами» Эти другие пути и особые процессы Н.

А. Бернштейн связал с **тонусом**, который «относится к координации как состояние к действию или как предпосылка к эффекту»

8 этап. Принцип сенсорных коррекций. Сформулированный им принцип сенсорных коррекций, стал одним из важнейших в современных подходах к регуляции поведения человека и животных.

Упражнение есть повторение без повторения. В соответствии с формальной логикой обучение невозможно, потому что нет эталона-стандарта. Просто нечего заучивать. Среди тысяч реализаций одного и того же даже простейшего движения компьютер не может найти двух совершенно одинаковых. Однако по нормальной человеческой логике и практике обучение почему-то происходит, и в высшей степени успешно

Н. А. Бернштейн увидел проблему в том, как обучающийся ощущает свое движение изнутри. Для ее решения недостаточно знания внешней формы движения, необходимо понять его внутреннюю форму. Это не значит, что Н. А. Бернштейн недооценивал внешнюю форму живого движения. Напротив, он понял, что его нужно описывать не метрическими, а топологическими категориями, что его фазовый портрет помогает проникать в его внутреннюю форму. Действительно, анализ внешней формы движения, вплоть до его квантово-волновых свойств, приносит исследователям все новые и новые сюрпризы. Труды Н. А. Бернштейна учат расшифровывать внешние формы движения, проникать в его внутренние формы, реконструировать смыслы и значения

По словам Вячеслава Демидова следует констатировать, что скромный дар, преподнесенный Бернштейном родной стране, в большей степени используется и развивается западными учеными, нежели отечественными. 100-летняя годовщина со дня рождения ученого (1996) была отмечена Международной конференцией, посвященной его памяти, прошедшей в Пенсильванском университете. Она собрала более 200 участников из Америки, Европы, Японии и Австралии. Участвовал в ней и один психолог из России.

-
- Биомеханика для инструкторов. М., 1926. (Переиздание [в кн. «Биомеханика и физиология движений». М., 1997](#)).
 - Общая биомеханика. Основы учения о движениях человека. М., 1926.
 - Физиология человека. Учеб. для ин-тов физ. культуры. М., 1946 (соавторы А. Н. Крестовников, М. Е. Маршак и др.).
 - О построении движений. М., 1947. (Переиздания: [в кн. «Физиология движений и активность». М., 1990](#); [в кн. «Биомеханика и физиология движений». М., 1997](#)).
 - [Новые линии развития в физиологии и их соотношение с кибернетикой. М., 1962.](#)
 - Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М., 1966. (Переиздания: [в кн. «Физиология движений и активность». М., 1990](#); [в кн. «Биомеханика и физиология движений». М., 1997](#)).
 - [Физиология движений и активность. М., 1990.](#)
 - [О ловкости и её развитии. М., 1991.](#)
 - [Биомеханика и физиология движений. Избр. психол. труды. М. ; Воронеж, 1997.](#)

- Избранные труды по биомеханике и кибернетике. М., 2001.
- Современные искания в физиологии нервного процесса. М., 2003.

Библиография

-
- [Труды Н. А. Бернштейна // Бернштейн Н. А. Физиология движений и активность. М., 1990. С. 480–486.](#)
 - [Литература о Н. А. Бернштейне // Бернштейн Н. А. Физиология движений и активность. М., 1990. С. 487.](#)

Литература

-
- *Лебединский В. В.* О научном творчестве выдающегося советского учёного Н.А. Бернштейна // Вопросы философии. 1967. № 6. С. 144–149.
 - *Сироткина И. Е.* Роль исследований Н. А. Бернштейна в развитии отечественной психологической науки. Дис. ... канд. психол. наук. М., 1989. ([Автореферат](#)).
 - [Газенко О. Г., Фейгенберг И. М. Николай Александрович Бернштейн // Бернштейн Н. А. Физиология движений и активность. М., 1990. С. 463–479.](#)
 - *Фейгенберг И. М.* Николай Бернштейн: от рефлекса к модели будущего. М., 2004.

Добавления

Зависимость между движениями, с одной стороны, и вызывающими их иннервационными импульсами — с другой, принадлежит к числу чрезвычайно сложных и притом далеко не однозначных

Итак, не вдаваясь в подробности, можно сказать: а) что однозначной связи между импульсом и движением нет и не может быть; б) что связь эта тем дальше от однозначности, чем сложнее та кинематическая цепь, которая приводится в движение, и в) что движение возможно лишь при условии тончайшего и непрерывного, *непредуготримого заранее согласования центральных импульсов с явлениями, происходящими на периферии тела* и зачастую зависящими от этих центральных импульсов в количественно меньшей степени, нежели от внешнего силового поля

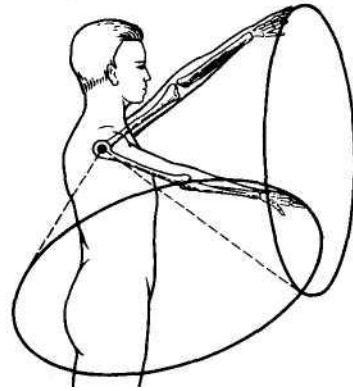


Рис. 22. Круговые движения выпрямленной руки в разных расположениях при одинаковой форме траекторий совершаются различными иннервационными схемами

¹ *Бернштейн Н.Л.* Исследования по биодинамике ходьбы и бега // Тр. Науч.-тех. комитета НКПС. 1927. Вып. 63; *Бернштейн Н.А.* Клинические пути современной биомеханики // Сб. тр. Ин-та усовершенствования врачей в Казани. 1929. Т. I.

