# Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений

*Печатается по изданию:* Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений. М., 1997. С. 13-194

## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ ДВИЖЕНИЯ

### Глава первая. О ПРОИСХОЖДЕНИИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ

Из всех областей вопросов, относящихся к компетенции общей физиологии, ни одна не является столь специфически человеческой, как область физиологии двигательных функций, несмотря на наличие и здесь бесспорной и непрерывной преемственности от филогенетических предков. Дело в том, что больше ни в одной системе физиологических функций не имел места такой интенсивный и вдобавок убыстряющийся филогенетический прогресс. Едва ли мы смогли бы отметить существенные сдвиги в смысле эволюционного прогресса между любым представителем теплокровных и человеком в какой бы то ни было иной функциональной сфере - хотя бы в области вегетативных функций дыхания, кровообращения, обмена и т.д.1 Исключение в смысле, несомненно, еще более бурного прогресса составляет только область, выделенная по методологическому признаку в ведение самостоятельной науки - область явлений психической жизни, или, как нам будет удобнее для связного контекста обозначать ее здесь, область центральных замыкательных систем нервного аппарата.
          Но тот самый вопрос метода, который послужил к ее выделению в самостоятельную научную ветвь, создает здесь непреодолимое добавочное осложнение. Если бы захотели представить упомянутый прогресс графически, то для функции дыхания или обмена он изобразился бы линией, вряд ли существенно отклоняющейся - в пределах филогенеза теплокровных - от параллельности с осью абсцисс. Кривая развития психических функций имела бы все основания выглядеть на подобном графике очень круто восходящею кверху; но, к сожалению, мы имели бы объективное право нанести на чертеж только ее самую правую (самую верхнюю) площадку, относящуюся к человеку. Вся остальная кривая осталась бы в области гипотез из-за полного отсутствия объективного материала, касающегося животных, несмотря на всю героику объединенных усилий зоопсихологов, бихевиористов и кондиционалистов. И только для двигательных отправлений мы можем вполне реально и объективно построить полностью их эволюционную кривую, круто восходящую к правому концу графика и далеко обгоняющую темпами своего развития сам по себе весьма не медленно эволюционирующий их морфологический центрально-нервный субстрат. Уже одно это обстоятельство делает физиологию движений интересной для психолога и невролога, даже независимо от того значения, какое она имеет для них в качестве необходимого pendant к несравненно лучше разработанной отрасли психофизиологии рецепторных функций.
          Но, помимо этого обстоятельства, огромное эволюционное значение двигательной функции оттеняется еще длительностью того срока, в течение которого она занимала ведущее положение в филогенезе соматического аппарата в целом. Рекордный темп роста и эволюции центральных замыкательных систем объясняется именно тем, что этим системам пришлось за тот же промежуток времени проделать больший путь развития: они начали ниже эффекторики, а кончают выше. Руководящая роль как по положению, так и по ведущему значению в филогенетической эволюции досталась им сравнительно недавно, тогда как раньше они исполняли (и сейчас исполняют у менее развитых организмов) значительно более скромные вспомогательные обязанности интегрирующей связи между рецепторикой и эффекторикой. Современный нам массив животного мира - живая книга филогенетической истории - сохранил нам память о ранней биографии этого органа, едва лишь начинавшего (у кишечнополостных и иглокожих) свою впоследствии головокружительную карьеру мало заметной работой связиста, только что введшего в физиологический обиход новый, биоэлектрический (телеграфный) способ связи на место более древнего способа вещественных гуморальных (так сказать, почтовых) сигнальных пересылок. Однако поворотным пунктом в истории центральных замыкательных систем явилось другое обстоятельство - появление продолговатых животных форм на смену древнейшим округлосимметричным (лучистым) формам. Это определило собой преобладание переднего, ротового, конца тела, первым сталкивающегося как с добычей, так и с опасностью, и тем самым оказавшегося перед биологической необходимостью сигнализации всем прочим метамерам, возглавления и объединения их движений и инициативы этих движений. *Головной* конец становится *главным* концом. В этом пункте - зародыш централизованных нервных систем на месте древних диффузных(Reflex-Republics Uexrull). Далее, у головных метамеров оказались все предпосылки к возникновению и развитию на них телерецепторов, трансформировавшихся каждый путем утончения и усовершенствования из одной из древних контактных категорий (обоняние - из вкусового хеморецептора, слух - из вибрационной, зрение - из кожной фотохимической чувствительности). Телерецепторы оказались могучим централизующим фактором уже потому, что дали животному возможность реагировать на раздражитель, по сравнению с отдаленностью которого собственные размеры его тела ничтожно малы; это выдвинуло на первый план локомоторные перемещения в пространстве всего тела как целого, оттеснив в число второстепенных частные метамерные реакции, преобладавшие в эпоху господства тангорецепторов. Биологическая необходимость локомоций привела к возникновению мощных интегрирующих, синергирующих аппаратов центральной нервной системы - древнейших во всем филогенезе позвоночной группы действительно центральных нервных образований и при этом не превзойденных, как увидим ниже, вплоть до человека в отношении способности к обширнейшим двигательным интеграциям и мышечным синергиям: речь идет о таламо-паллидарной двигательной системе, или *уровне*, как мы будем называть ее в дальнейшем (см. гл. IV).
          Как справедливо замечает Sherrington, "телерецепторы создали головной мозг", точнее - именно то, что мы выше назвали центральными замыкательными системами (наложив попутно централизующий отпечаток и на спинной мозг, некогда чисто метамерный, в более позднем филогенезе приобретший несомненные черты центрального образования); но дело в том, что рецепторы, и именно телерецепторы в наибольшей мере, сами являются вторичными, производными приборами, и здесь необходимо углубить и продолжить ход рассуждений Sherrington.
          В процессе эволюции соматической системы (разве лишь за исключением самого последнего филогенетического отрезка) определяющим звеном являются эффекторные функции. Судьбу индивидуума в борьбе за существование решают его *действия* - большая или меньшая степень их адекватности во все осложняющемся процессе приспособления. Рецепторика здесь представляет собой уже подсобную, обслуживающую функцию. Нигде в филогенезе созерцание мира не фигурирует как самоцель, как нечто самодовлеющее. Рецепторные системы являются либо сигнальными - мы уже видели их в этой роли, - и тогда любая степень их совершенства не в состоянии сама по себе обеспечить особи биологического преимущества в случае одновременной дефектности обслуживаемого ими эффекторного аппарата, либо они процессуально обеспечивают полноценную, координированную работу эффекторов - в этой роли мы еще увидим их ниже, - и здесь подсобный характер их деятельности вытекает из самого существа выполняемой ими задачи. Таким образом, и в сигнальной, и в коррекционной роли рецепторы состоят при эффекторных аппаратах, влияя на биологическую судьбу особи или вида не иначе, как через эти последние. Центральные замыкательные системы в этом аспекте исторически являются уже подсобными приборами для подсобных.
          Мы покажем дальше, каким путем возникновение и развитие как самих телерецепторов, так и еще более важных для координационной функции *сензорных синтезов*, опирающихся на центральные замыкательные системы, определяются вырастающими и осложняющимися запросами со стороны эффекторики.
          Усложнение возникающих перед организмом двигательных задач и откликающееся на него обогащение координационных ресурсов особи совершаются по двум линиям. С одной стороны, двигательные задачи делаются более сложными в прямом смысле слова. Возрастает разнообразие реакций, требующихся от организма. К самим этим реакциям предъявляются более высокие требования в отношении дифференцированности и точности; наконец, осложняется смысловая сторона движений, действий и поступков животного. Достаточно напомнить, насколько, например, аэродинамический полет птицы сложнее почти полностью гидростатического плавания рыбы или насколько богаче по контингентам участвующих движений охота хищного млекопитающего по сравнению с охотой акулы. Молодая отрасль проворных теплокровных млекопитающих победила тугоподвижных юрских завров именно своею более совершенной моторикой2. С другой стороны, в общем составе встающих перед организмом двигательных задач все возрастает процент задач разовых, непредвиденных, экстемпоральных за счет более древних шаблонных ситуаций. Все многочисленные исследования "пластичности нервной системы" показывают наряду с эволюционным возрастанием приспособляемости центральной нервной системы к нетрафаретным изменениям условий немедленность, почти мгновенность ее перестроек при самых фантастических постановках опыта. Но даже если оставить в стороне эксквизитные экспериментальные анастомозы мышц и нервов, то гораздо более, будничный факт возрастающей по ходу филогенеза способности к накоплению индивидуального опыта, к замыканию новых условных связей, т.е. опять-таки к выходу за рамки родовых стереотипов, подтверждает высказанное положение.
          Слегка схематизируя, можно сказать, что первая из двух упомянутых линий развития двигательных координации обеспечивается и сопутствуется преимущественно эволюцией рецепторики, вторая - эволюцией центральных замыкательных систем. Во-первых, по линии рецепторики идет систематическое качественное усовершенствование рецепторных устройств, ведущих свое начало с самого древнего филогенеза: переслоение древней (палеокинетической, см. гл. III) протопатической тактильной чувствительности более новою и тонко работающей эпикритической, реализующейся посредством неокинетического нервного процесса; появление младшей (опять-таки неокинетической) формы проприоцепторики - геометрической, воспринимающей позы и скорости и тяготения и т.п. Во-вторых, все более развивается и приобретает главенствующее положение система телерецепторов, внесшая в эволюцию центральных замыкательных систем и головного мозга в целом весь тот глубокий качественный переворот, о котором уже говорилось выше и который обусловливался постепенным утверждением примата рецепторов этого класса. В частности, важнейшими сопутствующими структурными обстоятельствами здесь являются: 1) переход от одноневронной таламической схемы центростремительного нервного пути к схеме кортикальной афферентации, состоящей из двух и еще более невронов, что знаменует собой отнюдь не только появление пары лишних синаптических перерывов на пути сензорного импульса, а глубокую качественную переработку чувствительных сигналов в промежуточных ганглиозных ядрах; 2) переход от островной системы нервноклеточных сензорных ядер к двумерно развернутой слоистой системе, характерной для коры полушарий; значение обоих этих переходов для эволюции координационной функции уяснится в дальнейшем; 3) приспособительная эволюция рецепторики совершается по линии формирования все усложняющихся синтетических сензорных полей, о которых речь будет ниже, в гл. IV и V. Эти сензорные синтезы, в которых сырые рецепции отдельных органов чувств сливаются вместе с мнестическими компонентами из индивидуального опыта особи в глубоко переработанные и обобщенные направляющие для координированных движений и действий, в свою очередь стимулируют и направляют рост и развитие центральных замыкательных систем в не меньшей мере, нежели это делают телерецепторы. Филогенетическое формирование этого ряда постепенно усложняющихся полей сопряжено с непрерывным ростом удельного веса мнестической слагающей - иначе говоря, индивидуальной памяти3.
          В той же слегка схематизированной интерпретации вторая линия развития эффекторики - линия возрастания удельного веса разовых реакций, опирающихся на накопленный и организуемый особью индивидуальный опыт, связана по преимуществу с эволюцией центральных замыкательных систем, имеющих своим субстратом кору больших полушарий. Развитие последней обеспечивает организму и возможность прогрессивного усложнения смысловой структуры его действий и увеличение его мнестических средств; этим путем центральные замыкательные системы переходят на какой-то из ступеней эволюции из подчиненного положения в положение возглавляющих и направляющих дальнейшее развитие всей нервно-соматической системы в целом.
          Ход филогенетического развития строения центральной нервной системы..., в отличие от всех прочих органов и систем тела, состоит не только (и даже не столько) в количественном разрастании, сколько в качественном обрастании ее новыми образованиями, не имеющими гомологов в предшествующих этапах филогенеза и по большей части представляющими собой надстройки на один (или больше) неврональный этаж на пути следования нервного процесса. Этот принцип приводит к неминуемой скачкообразности развития центральной нервной системы уже из-за дискретности невронной схемы: осложнение рефлекторной дуги или вообще любого маршрута нервного импульса внутри центральной нервной системы возможно не иначе, как на целое число новых промежуточных нейронов. Путь, по которому центральная нервная система в своем развитии преодолевает эту скачкообразность, вскрывается эпизодами, подобными, например, ходу развития зрительного аппарата от амфибий до птиц, с переходом его от одноневронной схемы "сетчатка - ядра покрышки" к двухневронной: "сетчатка - наружные коленчатые тела - зрительная зона коры полушарий". На протяжении"какого-то этапа развития оба аппарата, и старый, и новый, действуют рядом, после чего первый или инволюционирует, как это и случилось с мезэнфалическими центрами зрения, или, чаще, модифицируется так, чтобы образовать вместе со вторым более сложный функциональный синтез. Так было, например, с постепенным развитием эффекторных аппаратов мозга. Таким порядком мало-помалу формируется структура из многих совместно работающих неврональных этажей.
          Необходимо, впрочем, подчеркнуть, что соответственно чрезвычайно общему биологическому принципу постепенной смены ведущих звеньев, проявления которого мы уже видели в чередовании эффекторики, рецепторики и центральных замыкательных систем в роли ведущих определителей эволюции мозга, и сам невронный принцип строения нервной системы родился отнюдь не сразу и не был изначальным спутником эволюции центральной нервной системы. Нервные системы у praevertebrata не невронны; и у позвоночных, до высших млекопитающих включительно, вегетативные системы в их постганглионарной части построены гораздо ближе к невропильной, нежели к невронной схеме. Наиболее своеобразно, что и самые центральные нервные системы высших позвоночных работают по отношению к одним отправлениям как построенные по невронному принципу и в то же самое время по отношению к другим классам функций - как самый неоспоримый сплошной, диффузный невропиль. Не исключена, видимо, возможность того, что первый слой коры полушарий и морфологически построен по типу невропиля; то же представляется более чем вероятным по отношению к целому ряду кортикальных мелкоклеточных скоплений4.
          Многие из упомянутых выше неврональных надстроек, возникавших в центральной системе по ходу ее эволюционного обрастания, возглавляли в какой-либо из фаз филогенеза всю центральную нервную систему, переслаиваясь в последующей эволюции еще более молодыми и захватывающими верховное положение образованиями. Здесь должно быть упомянуто еще одно осложнение, обусловливающее, в свою очередь, смещение важнейших отправлений центральной нервной системы и изменение их соотношений, качеств и удельных весов, - это отмечаемая всеми исследователями истории мозга, начиная с Monarow и Economo, прогрессивная "энцефализация" функций. Под этим термином подразумеваются два факта или, может быть, две стороны явлений: 1) прогрессирующая утрата самостоятельности и функциональное обеднение каудальных отрезков центральной нервной системы - спинного мозга и 2) постепенное перемещение "центров" тех или других физиологических функций мозга во все более орально расположенные ядра. Этот неуклонно совершающийся процесс может быть прямым образом связан с обрисованной выше сменой ролей и все более выявляющимся приматом головного мозга. Начиная с какого-то эволюционного момента, головные ганглии из положения обслуживающих и интегрирующих приборов при телерецепторах превращаются в доминирующий орган, в дальнейшем суверенно направляющий весь ход последующего развития. Примат центральной нервной системы в переживаемом периоде эволюции и ее определяющее влияние не только на узко анимальную сферу, но и на вегетатику, трофику, метаболизм, иммунобиологию и т.д. не вызывают сомнений.
          Усложнение двигательных задач, неминуемо требующих разрешения со стороны особи, и само по себе совершается отнюдь не плавно и постепенно; наоборот, перемены в образе жизни, зоологическом окружении, экологической обстановке и т.д. приводят к накоплению все больших масс качественно новых координационных проблем с не встречавшимися ранее и не имевшими возможности войти в обиход особыми чертами смысловой структуры, двигательного состава, потребного сензорного контроля и т.д. В течение какого-то времени животные справляются с этими необычными задачами при помощи своих наличных ресурсов; однако рано или поздно противоречие между новыми смысловыми и сензорными качествами нахлынувших задач и неадекватными им координационными средствами животного приводит путем отбора к преобладанию особей, способных справиться с этими новыми качествами, и этим сразу, скачком, получить в свое распоряжение целый новый класс движении, однородных по своему типу и уровню сложности и сходных между собой по качествам потребного сензорного контроля. Если бы эволюционное развитие совершалось по Ламарку, в порядке постепенного упражнения рабочих органов, то можно было бы, пожалуй, ожидать каких-либо гипертрофических, количественных, постепенно, образующихся приспособительных изменений мозга. Но, осуществляясь по принципу отбора, развитие центральной нервной системы в ответ на новые классы двигательных задач не может протекать иначе, как в виде накапливающегося преобладания индивидуумов с качественно отличным, мутировавшим в каких-то отношениях мозгом. Возникновение в филогенезе очередной *новой мозговой надстройки* знаменует собой биологический отклик на новое качество или класс двигательных задач. Как будет показано ниже, это обязательно означает в то же время появление *нового синтетического сензорного поля*, а тем самым и появление возможности реализации *нового класса* или *контингента движений* качественно иначе строящихся и иначе управляемых, нежели те, которые были доступны виду до этих пор. Мы обозначаем всю перечисленную совокупность морфологических и функциональных сторон, характерных для такого нового класса движений, как очередной уровень построения движений и двигательных координации.
          Сказанное выше о линиях усложнения двигательных задач, возникающих перед организмом, позволяет оценить и те направления, по которым совершалось поочередное развитие возникавших один за другим координационных уровней построения.
          Более новые в филогенезе, они же и более высокие, уровни становятся:
          1) все более тесно связанными с телерецепторикой и надстроенными над ней обобщающими системами в коре головного мозга;
          2) все более экстемпоральными, т.е. пригодными для осуществления разовых координационных решений и пластических переключений;
          3) все более синтетичными, т.е. опирающимися на сложные психологически организованные синтетические сензорные поля; наконец,
          4) все более богатыми мнестическими элементами, накопленными из индивидуального опыта. В этих же направлениях изменяются и облики тех движений, и действий, которые ведутся на соответственных уровнях.
          Каждый новый уровень приносит с собой комплект новых движений, какие раньше были организму недоступны. Следует сразу отвергнуть как неверное, старое представление, будто филогенетически более молодые надстройки обеспечивают в основном новые качества координации и, следовательно, будто каждый из разновозрастных мозговых морфологических этажей равнозначен какой-то одной стороне координационной отделки *любого* целостного движения. Каждый новый морфологический этаж мозга, каждый очередной функциональный уровень построения содержит и приносит с собой *не новые качества движений, а новые полноценные движения*. В нервной системе высокоразвитого позвоночного содержащимся в ней структурным этажам и доступным для нее уровням соответствует не групп качеств движения, а особых списков или контингентов движений, вполне законченных и биологически пригодных для решения определенных, посильных им задач. Было бы очень трудно понять, какой биологический смысл и какое оправдание своего существования могли бы иметь движения-недоноски, лишенные в течение долгих веков филогенетической эволюции какой-либо существенной группы координационных качеств или, наоборот, представляющие собой наборы второстепенных, вспомогательных качеств без самого главного смыслового определителя - фон без фигуры. В истории развития каждый из уровней построения, констатируемых у человека, был на каком-то этапе наивысшим (разумеется, с известными поправками в отношении эволюции контингентов - см. гл. III) и определял собой "потолок" координационных возможностей организма, обрывавший сверху список доступных ему в ту пору движений; но на каждом подобном этапе эти движения были вполне закруглены и координационно оформлены в меру тех скромных двигательных задач, какие им предстояло разрешать.
          Всего ярче подкрепляется это положение о *контингентности движений каждого очередного уровня* клиническими фактами выпадений движений при четко локализованных очагах или четко системных поражениях в центральной нервной системе. В этих случаях как общий закон (уже подмеченный клинической невропатологией) выпадают *не качества всяких движений, а целые списки или классы движений* или их фоновых компонент. Что особенно поражает наблюдателя в подобных случаях, - это *четкая избирательность выпадений* и полная интактность других движений, иногда очень похожих по своему облику на выпавшие, но резко отличающихся от них своей смысловой стороной. Один больной не может поднять руку по приказанию "подними руку", но без затруднения поднимает ее по заданию "сними фуражку"; другой лишен непроизвольной мимики настолько, что производит впечатление страдающего полным парезом всей лицевой мускулатуры, и в то же время легко и точно выполняет любые произвольные движения губ, носа, век, лба и т.д. в порядке намеренного подражания или по словесному заданию; третий больной (гемиплегик) не способен к произвольным движениям в плечевом суставе парализованной руки, не может, особенно в полусне, в полунаркозе или в аффекте, выполнять те же движения как компоненты синергических непроизвольных актов; четвертый пациент не может по заданию начертить на бумаге кружок или косой крестик, но без всякого труда изображает на ней буквы "О" и "X"; пятый не может ступить ни одного шага по гладкому полу, а разметка последнего равноотстоящими поперечными полосками, как по волшебству, возвращает ему все возможности ходьбы и т.д. Таких примеров бесконечно много, и они чрезвычайно разнообразны. В этих случаях часто достаточно умело переключить выпавшее движение на другой, уцелевший уровень, изменив с этой целью формулировку двигательного задания, чтобы разом достигнуть едва ли не полной реституции.
          Упомянутый выше принцип морфогенеза центральной нервной системы по типу обрастания приводит к тому, что центральная нервная система высокоразвитого позвоночного, например антропоида или человека, представляет собой своего рода геологический разрез, отображающий в сосуществовании всю историю развития нервных систем, начиная от диффузных невропилей низших беспозвоночных и простейших спинальных рефлекторных дуг первобытных хордовых. Все это воспроизведено в такой высокоорганизованной нервной системе, в ее последовательных наслоениях, этажах и надстройках с не меньшей точностью, чем, например, индивидуальная история дерева - в его древесных кольцах.
          На фоне этого факта представляется очень интересным и многозначительным, что координационные контингенты движений человека образуют точно такого же рода симультанную рекапитуляцию всей истории животных движений, начиная от таких прадвижений, как перистальтикоподобные движения кольчатого червя или глотательно-рвотные движения голотурии. Такая рекапитуляция обнаруживает при этом неоспоримые преимущества перед невроморфологией, поскольку воспроизводит филогенез не в статике и не в символике гистологических обликов нервных ядер, ничего не сообщающих нам о своей функциональной сущности, а в динамике, в самих движениях, доступных точным сравнениям как по своему содержанию и смыслу, так и по своему оформлению, с движениями современных нам представителей всех ступеней филогенетической лестницы. У самого дна глубокой шахты, опускаемой нами в толщу двигательных координации человека, мы находим древнейшие палеокинетические координации, отошедшие у высших позвоночных в удел вегетативным отправлениям: перистальтические движения кишечника, стрикционно-дилятационные движения в сосудистой системе, сфинктерах желудка, желчного пузыря, прямой кишки и т.д. Поднимаясь выше, мы встречаемся с первичными, самыми элементарными и по структуре, и по определяющей их афферентации неокинетическими координациями - спинальными рефлексами, подробно изученными школой Sherrington. Еще выше мы вступаем в область движений с более сложной биологической мотивировкой и с афферентацией, синтетически включающей как телерецепции, так и индивидуальные мнестические компоненты, - в область подлинной психофизиологии. Еще более кверху, еще в большей и более невозместимой мере зависящие от деятельности коры полушарий залегают самые молодые в филогенезе специфически человеческие координации, мотивы к возникновению которых уже никак нельзя свести к чисто биологической причинности: в первую очередь координации речи, письма и предметных, трудовых действий с их социально-психологической обусловленностью. Каждое из этих последовательных наслоений связано с очередным новым морфологическим субстратом, и каждое, как будет показано ниже, не отрицает нижележащих, более древних координационных напластований, но сливается с ними в очень своеобразный и многообразный синтез.
          В последующих главах, начиная с третьей, будут даны общие характеристики этих последовательно формировавшихся и образовавших иерархическую систему уровней построения; попутно будут охарактеризованы важнейшие общие факты, относящиеся к теории координационной функции. Предварительно, однако, должны быть сделаны некоторые общие разъяснения.

### Глава вторая. О ПОСТРОЕНИИ ДВИЖЕНИЙ

Двигательная система позвоночных включает в себя: а) пассивную часть - жесткий сочлененный скелет и б) активную часть - поперечнополосатую мускулатуру со всем ее оснащением. Пассивный двигательный аппарат составляется из костных звеньев, располагающихся преимущественно вдоль оси органов (аксиально), а потому не обеспечивающих устойчивости системы без постоянного активного участия мускулатуры5. Эти звенья подвижно сочленены между собой, образуя так называемые кинематические цепи. Мышечные массивы, анатомическое членение которых на отдельные мускулы имеет по большей части чисто морфологическое основание, без существенной значимости для биодинамики, облекают эти аксиальные кинематические цепи снаружи, повинуясь в своем размещении также преимущественно причинам чисто морфогенетического порядка, поскольку (эта теорема очень легко доказывается) биодинамическое и решающе важное значение имеет расположение и направление концевых отрезков мышечных сухожилий, в то время как расположение мышечных брюшков не имеет никакого. В дальнейшем под скелетными кинематическими цепями будут подразумеваться не одни только кости с их суставами, а подвижные органы, взятые в целом.
          Мера взаимной подвижности двух звеньев кинематической цепи определяется в механике числом так называемых *степеней свободы подвижности и деформируемости*. Каждая степень свободы подвижности более или менее точно совпадает с отдельным, независимым направлением подвижности в том или другом суставе. Одноосные, например блоковидные, суставы обладают одной степенью; яйцевидные и седловидные суставы (соответствующие примеры: лучезапястный сустав и запястно-пястный сустав большого пальца руки) имеют по две, шаровидные суставы - по три степени свободы подвижности. Степени свободы подвижности характеризуют собой не размах или количественную меру подвижности (например, сгибаемости на большее или меньшее число градусов в сочленении), а качественную меру многообразия направлений и форм этой подвижности, которое может в некоторых случаях оказаться очень большим и при умеренных количественных амплитудах. Примерами могут служить: подвижность локтевой кости относительно плечевой, имеющая одну степень свободы, и деформируемость грудного отдела позвоночного столба, теоретически насчитывающая их 66.
          Число степеней свободы взаимной подвижности звеньев кинематической цепи (или, иными словами, свободы деформируемости кинематической цепи) есть не что иное, как необходимое и достаточное число *независимых друг от друга координат*, которые должны быть назначены для того, чтобы поза органа оказалась вполне определенной. Так, например, для определения положения плеча относительно лопатки (при наличии у лопаточно-плечевого сочленения трех степеней свободы) необходимо и достаточно назначить три координаты (например, координаты сгибания - разгибания, приведения - отведения, продольной ротации). Очень важно отметить, что количество степеней свободы цепи не зависит от выбора той или иной системы координат или обозначений, т.е. является объективно присущим самой цепи. Заметим еще, что число степеней свободы деформации многозвенной цепи либо равно сумме чисел степеней свободы всех ее сочленений (так называемые незамкнутые цепи), либо несколько меньше ее (замкнутые цепи).
          Подвижности кинематических цепей человеческого тела огромны и исчисляются девятками степеней свободы. Подвижность запястья относительно лопатки и подвижность предплюсны относительно таза насчитывают по 7 степеней, кончика пальца относительно грудной клетки - 16 степеней. Обладание подвижными пальцами обогащает подвижность и деформируемость руки по сравнению с передней конечностью, например, однокопытных четвероногих на 22 добавочных степени. Для сравнения укажем, что преобладающее большинство машин, работающих без непрерывного управления человеком, обладает при всей кажущейся сложности рычажных и шестеренных кинематических цепей *всего одной степенью свободы*, т.е. тем, что носит название *вынужденного движения*: например, многоцилиндровый дизель или газетопечатная ротационная машина. Две степени встречаются редко (например, центробежные регуляторы), три степени совершенно неупотребительны - настолько бурно возрастает сложность управления кинематическими цепями с прибавлением новых степеней свободы. Теоретически шестью степенями свободы обладает летящий снаряд (пушечное ядро, пуля, мина) - предмет изучения внешней баллистики. Здесь необходимо отметить: а) очень большую неточность управления его полетом и попаданием и б) необходимость пристрелки и корректировки, к чему мы еще вернемся ниже.
          Указанное первое резкое отличие кинематических цепей живого тела от искусственных машин должно быть *самым выразительным образом подчеркнуто*.
          Отсутствие в искусственных машинах кинематических цепей с многими степенями свободы объясняется чрезвычайно большими трудностями управления движениями таких цепей. Самая основная из них состоит вот в чем. Одна степень свободы характеризует при любой сложности и многозвенности кинематической цепи так называемый вынужденный тип движения. Это значит, что в подобной системе каждая из ее подвижных точек неотрывно привязана к одной определенной траектории. Эта траектория может обладать любой формой, простой или сложной; точка имеет возможность двигаться по ней вперед или назад, быстрее или медленнее и т.д., но сам по себе путь движения для нее предрешен. Появление у системы еше хотя бы одной степени свободы сверх первой означает переход от одной траектории для каждой точки не к нескольким или даже многим, а к целому участку некоторой поверхности, по которой точка с двумя степенями свободы получает возможность двигаться абсолютно любым образом по бесчисленному множеству равнодоступных траекторий. Так, например, кончик пера, пока он не отрывается от поверхности бумаги, обладает двумя степенями свободы; при этом, очевидно, разнообразие доступных ему траекторий совпадает с разнообразием всего того, что когда-либо могло быть или было написано и нарисовано пером на листе бумаги.
          Таким образом, переход от одной степени свободы, т.е. от вынужденного типа подвижности, к двум или нескольким степеням знаменует собой возникновение необходимости *выбора* или *трассирования* траектории движения. Живой организм всегда имеет возможность обосновать свой выбор и планировку той или другой траектории; для машины же необходимо в подобном случае предусмотреть специальное *устройство, способное целесообразно обеспечить* такого рода *выбор*, иначе движение будет обречено на хаотичность. Примером устройства указанного характера может служить автоматический жиро-пилот. Подвижность судна (рассматриваемого как материальная точка) на поверхности моря имеет как раз две степени свободы; жиро-пилот обеспечивает выбор среди бесконечного количества разновозможных для корабля траекторий той из них, которая отвечает заданному компасному курсу.
          Следовательно, как вытекает из всего рассмотренного выше, между одной и несколькими степенями свободы имеет место очень важный принципиальный качественный скачок. Крайняя редкость в технике невынужденных подвижных систем объясняется прежде всего именно трудностями устройств для *автоматического непрерывного целесообразного выбора*. Кроме того, при многих степенях свободы у системы суммируются, конечно, и погрешности, приносимые каждой из степеней свободы; при большом количестве последних суммарная ошибка сможет вырасти до такой величины, которая покроет все преимущества, в принципе создаваемые богатым разнообразием подвижности сложной цепи. Например если каждая из степеней свободы руки и пальца пианиста, сидящего за инструментом, даст погрешность всего в 1 °, то, суммируясь, эти погрешности смогут дать отклонение кончика пальца на 5 - 6 см (хотя по отдельным звеньям, например, пальцевых фаланг, составляющие погрешности не превысят при этом 0,05 см), т.е. вызовут промахивание на терцию или кварту. Необходимо еще принять в расчет неизбежную кумуляцию погрешностей во времени, не устранимую никакой феноменальной точностью первоначальной пригонки движущихся частей, к тому же в кинематических цепях живого тела позвоночника заведомо не очень высокой.
          Еще более существенное значение имеют *осложнения динамические*. В сложной кинематической цепи, каждое звено которой обладает известной тяжелой и инертной массой, всякая сила, возникающая в одном из звеньев, тотчас же вызывает целую систему *реактивных* или отраженных сил, передающихся на все остальные звенья. Это взаимное влияние звеньев цепи друг на друга во всех мыслимых сочетаниях создает в общей совокупности огромное количество силовых взаимодействий, совершенно необозримое математически и представляющее непреодолимые трудности для аналитического решения. Эти реактивные силы наслаиваются на те силы, которые находятся в распоряжении организма для управления движениями системы, и на внешние силы, подвластные ему всегда лишь в большей или меньшей степени, и делают общую динамическую картину движения цепи чрезвычайно осложненной, а главное - практически *непредусмотримой* из-за их крайней механической запутанности. Сделать движение многозвенной цепи *точным* все-таки возможно, хотя бы в теории, для этого достаточно повысить в неимоверной степени точность пригонки ее частей друг к другу. Сделать такую многозвенную цепь *послушной* невозможно принципиально, потому что никакая теория не в состоянии управиться с бурно возрастающим изобилием и сложностью реактивных сил и взаимодействий между звеньями цепи. Для такой системы, как, например, рука, удается определить математически лишь самый начальный момент ее движения под действием той или иной мышцы. Установить, как потечет движение дальше, оказывается уже неразрешимой задачей.
          Для того чтобы *статически* зафиксировать позу сложной кинематической цепи, необходимо закрепить каждую из имеющихся у нее степеней свободы независимыми друг от друга связями, по одной на каждую степень. Роль этих связей в организме позвоночного большей частью исполняют мышцы, реже и в известном проценте - внешние силы. Совершенно аналогичное положение создается и в *динамике*.
          Как бы сложна ни была кинематическая цепь, ее движение всякий раз оказывается хотя и не предусморимым заранее, но, очевидно, совершенно определенным и потенциально доступным сколь угодно точному динамическому анализу post factum. Следовательно, при как угодно обусловленном движении любой кинематической цепи равнодействующие всех приложенных к ней сил и моментов фактически свяжут все степени свободы ее элементов, кроме одной для каждого, - той, по которой в действительности совершилось подвергшееся наблюдению движение. Таким образом, если, кроме статических сил, принять в расчет и все динамические, то можно трактовать любое движение какой угодно цепи как *динамически вынужденное*, причем место недостающих связей для закрепления избыточных степеней свободы занимают динамические силы, внутренние и внешние. От этого, однако, не получается много проку. Спора нет, что совокупность всех действующих сил, и внутренних, и реактивных, и внешних, свяжет все избыточные степени свободы звеньев и поведет эти последние по каким-то вполне определенным траекториям, но только траектории эти имеют все основания оказаться не теми, которые нам нужны.
          Очевидно, мы вправе назвать кинематическую цепь управляемой только в том случае, если мы в состоянии *назначить* определенные, желательные для нас траектории (и скорости) движения для каждого из элементов цепи и заставить эти элементы двигаться по назначенным им путям. А для этого нужно, чтобы мы всегда располагали реальными средствами для связывания избыточных степеней свободы такой цепи, т.е. так или иначе имели в повиновении всю совокупность тех сил, которые возникают и разыгрываются при движении цепи. *В этом преодолении избыточных степеней свободы движущегося органа, т.е. в превращении последнего в управляемую систему*, как раз и заключается основная задача координации движений.
          Трудность, зависящая от того, что у организма всякий раз оказывается в повиновении только небольшая часть всех тех сил, равнодействующие которых обусловливают движения цепи, сама по себе уже очень велика, особенно если принять во внимание ту щедрость, с какой организм наделяет свои кинематические цепи степенями свободы. Уже одна эта "беззаботность" к количеству степеней свободы должна бы подсказать, что свойственный ему принцип управления в корне отличается от знакомых нам в настоящее время по искусственным сооружениям. И, несмотря на это, в течение долгих десятилетий развития нервной физиологии держалось (а в учебниках и до настоящего времени держится) убеждение, что зависимость между мышечным напряжением и движением столь же проста, пряма и однозначна, как, например, зависимость между движениями поршня паровозного цилиндра и вращениями ведущего колеса. К сожалению, в фактическом материале биодинамики мы имеем множество случаев, когда на всем протяжении кинематической цепи включены *только сгибательные мышцы*, а при этом все сочленения этой цепи испытывают *только разгибательные угловые ускорения*, или наоборот. Случаи же, когда мышца, переброшенная через сочленение А, вызывает угловые ускорения во всех прочих сочленениях В, С, D... и т.д. кинематической цепи, резко преобладают над случаями, когда она этого не делает.
          Ниже будет проанализировано несколько типичных примеров указанного характера. И вот, как будто для того, чтобы, наконец, пробудить наше внимание и заставить всмотреться в реальный координационный процесс, природа нагромождает на осложнения, связанные с огромной свободой подвижности скелетных кинематических цепей, еще одну трудность, в свою очередь намного осложняющую проблему центрального управления движением. Эта новая трудность в том, что двигателями кинематических цепей организма служат упругие тяжи, перекинутые между звеньями, - *скелетные мышцы*. Дело в том, что поперечнополосатая мышца представляет собой своеобразно упругое образование, хотя и не дающее прямой пропорциональности между приростами длин и приростами напряжений, но тем не менее характеризуемое для каждого из своих физиологических состояний вполне определенной кривой зависимости между обеими этими величинами. Иными словами, напряжение мышцы (или, что одно и то же, развиваемое ею усилие) есть функция сразу двух переменных: ее физиологического состояния и ее наличной длины. Полная картина зависимости между эффекторным процессом или физиологическим состоянием мышцы, с одной стороны, и развиваемым ею напряжением - с другой, может быть представлена только в виде целого семейства кривых6. Каждая кривая подобного семейства изображает то или другое физиологическое состояние мышцы; каждая точка такой кривой - степень напряжения как функцию длины при этом физиологическом состоянии. Посылая в мышцу какую-то определенную совокупность импульсов, центральная нервная система назначает этим одну из кривых упомянутого семейства, но, как это легко понять, отсюда еще очень далеко до того, чтобы определилась та или другая точка на этой кривой, т.е. фактически развиваемое мышцей усилие. Итак, получается, что из всей совокупности сил, определяющих движение сложной кинематической цепи, - сил внутренних, реактивных и внешних - организму хотя в некоторой мере подвластна только первая категория сил; но, как мы сейчас убеждаемся, и по отношению к этим внутренним силам нет и не может быть однозначной зависимости между эффекторным процессом и возникающей за счет его силой. При этой же самой импульсации она может оказаться двадцать раз подряд совершенно разной в зависимости только от позы (и скорости деформации) кинематической цепи - от переменных, которые, в свою очередь, в очень многом зависят от не подвластных организму внешних и реактивных сил.
          На самом деле положение еще сложнее, чем это казалось до сих пор. Напряжение, развиваемое мышцей, так или иначе входит составной частью в систему тех сил, которые вызывают перемещения и деформации кинематической цепи. При деформации цепи смещаются и точки прикрепления концов мышцы к костям, т.е. происходит вторичный порядком изменение ее длины в ту или другую сторону. Таким образом, изменение напряжения мышцы изменяет ее наличную длину, а это изменение длины вызывает, в свою очередь, изменение напряжения мышцы. Здесь имеет место кольцевая взаимозависимость причин и следствий, выражаемая на языке математики дифференциальными уравнениями второго порядка7. Мы обозначаем эту кольцевую зависимость как периферический цикл взаимодействий.
          Итак, между мышечным напряжением и результирующим движением нет и не может быть однозначной зависимости; здесь имеет место принципиальная неопределенность8. В этом факте - второе капитальное различие между механикой живого организма позвоночного и механикой искусственных сооружений.
          Могло бы показаться, что ситема звеньев, соединенная не одной упругой связью, как в рассмотренном выше случае, а двумя связями-антагонистами, свободна от указанной неопределенности. На самом деле отличие здесь только кажущееся. Систему с двумя упругими антагонистами можно точно так же привести в любое угловое положение соответственным подбором внешних сил, как бы в данный момент ни вели себя упругие связи системы. При *заданных неизменных внешних силах* организм может, правда, так подобрать соотношения напряжений в обоих антагонистах, чтобы обеспечить любой желаемый угол в шарнире; но достаточно внешним силам перемениться, чтобы для того же самого угла потребовались уже совершенно другие соотношения напряжений. А так как и в этом примере внешние силы никак не зависят от центральной нервной системы, то положение о принципиальной неопределенности остается в полной силе.
          Следует еще заметить, что для данной мышцы внешними силами являются, по сути дела, не только силы строго внешние, как, например, сила тяжести, сила нападающего противника и т.п., но и силы мышц других, удаленных суставных систем самого организма в их прямом и реактивном действии. Если строго внешние силы вообще невозможно предучесть, кроме немногих исключений, то этот второй вид сил, так сказать, условно внешние силы, организм в принципе мог бы предучесть и скоординировать заранее, так как от него самого зависит послать в определенную мышечно-суставную группу те или другие импульсы. Но достаточно вспомнить сказанное выше о не поддающейся никакому анализу сложности реактивных взаимодействий в многозвенных цепях, чтобы понять, что практически предучесть эти реактивные силы и то, как они скажутся на движении какой-либо удаленной подвижной части тела, все равно невозможно. Если для сообщения данному суставу того или другого углового положения или угловой скорости недостаточно создать определенное соотношение между упругостями двух его мышц-антагонистов, а необходимо еще в широких пределах изменять и дозировать это соотношение в зависимости от того, каковы позы, нагрузки и ускорения во всех окружающих суставах, то это значит, что между состоянием мышц данного сустава и его движением *нет постоянной однозначной зависимости*. Следовательно, и по отношению к реактивным силам справедливо все сказанное выше о силах внешних. Более того: поскольку реактивные силы в многозвенных цепях почти всегда и сложнее, и изменчивее, чем силы чисто внешние, постольку искажающее и осложняющее влияние первых на динамику движения значительно больше, чем влияние вторых.
          Ниже будет рассмотрено, каким путем центральная нервная система выходит из перечисленных трудностей координирования движений. Здесь необходимо только указать, что осложнения, вносимые вмешательством внешних реактивных и инерционных сил и фактом неоднозначности связи между мышечным возбуждением, напряжением и движением, гораздо более часты и значительны, чем это обычно думают. Весь длительный опыт нашей экспериментальной работы над движениями человека показал, что случаи, когда при данном движении фактически напрягаются совсем другие мышцы, в другое время и другим образом, чем это ожидалось бы по элементарному анатомическому анализу, гораздо более часты, чем те, когда поведение мышц до конца понятно и классично. Есть много элементов движений, в которых пока вообще не удается доискаться объяснения поведения каждой мышечной группы; в иных случаях анализ внешней и реактивной динамики доступен и ясно обнаруживает логику этих неожиданных для первого взгляда мышечных действий, но эта логика далеко отличается от элементарной логики учебников. Рассмотрим несколько примеров.

### I. Эффект действия инерционных сил

При рубке зубилом около половины всего движения замаха совершается при активном напряжении всех мышц, тянущих руку вниз и вперед, хотя движение направлено в это время вверх и назад. Это объясняется тем, что рука с молотком, обладающая в сумме значительным моментом инерции и получившая в первой половине замаха довольно большую инерцию движения назад за счет сил отдачи и мышечной активности, должна быть остановлена и при этом деформирована, натягивая разгибательные мышцы так, как это требуется для нанесения удара. Пример движений, совершающихся против направления действия мышц, можно встретить во всевозможных ритмических движениях (ходьба, бег, игра на фортепиано и т.п.). Этот случай прост для анализа, так как указанная противоположность выдает себя замедляющимся характером движения.

### II. Эффект действия внешней силы тяжести

Окончание гимнастического движения выхода в стой на кистях состоит в медленном поднимании всего тела вверх посредством постепенного распрямления локтевых суставов. Вследствие своей медленности движение никак не осложнено инерционными или реактивными силами. Тем не менее оказывается, что разгибание локтей на угол 90° настолько сильное, что оно поднимает кверху весь корпус, совершается не разгибателями локтя, почти бездействующими, а мышцами, дающими переднюю флексию плечевого сочленения (m. deltoideus, m. pectoralis major, m. serratus anterior).
          Объяснения этого своеобразного случая работы сильно нагруженною сустава против нагрузки целиком за счет не проходящих через него мышц довольно просто. На протяжении описываемого движения общий центр тяжести тела находится в одной вертикальной плоскости с обеими точками опоры - кистями (иначе при медленном движении гимнаст утратил бы равновесие), с осями предплечий и обоими локтевыми суставами. Момент силы тяжести относительно этих суставов близок к нулю, а, следовательно, по правилу равенства действия и противодействия близки к нулю и моменты локтевой мускулатуры. Напряжение разгибателей локтя при позах привело бы не к подъему тела, а к опрокидыванию его против часовой стрелки.

### III. Эффект действия реактивных и инерционных сил

Этот пример сложнее предыдущих При беге, вскоре после отрыва маховой ноги от опоры, начинается интенсивное, ускоренное сгибание ее колена с большой угловой скоростью, достигающей у спринтеров 3,6 - 3,7 об/с, - скоростью вращения колес паровоза экспресса на полном ходу. Это движение, подтягивающее пятку к самой ягодице за 0,15 - 0,10 с совершается почти на всем протяжении при значительном перевесе напряжения *разгибателей колена* В случае бега мирового рекордсмена Лядумега это сгибание при общей длительности 0,273 с в течение первых 0,198 с совершается ускоренно и лишь в течение остальных 0,075 с - замедленно, причем как раз в конце этого последнего интервала, когда работа разгибателей находит себе внешнее отражение в замедлении сгибания, наступает на 0,011 с перевес сгибательной мускулатуры.
          В самых общих чертах явление это объясняется тем, что отброс стопы кверху от опоры, совершающийся главным образом за счет реактивного эффекта от контралатеральной ноги, настолько силен, что стопу не только не приходится гнать кверху активным сгибанием колена, а, наоборот, приходится притормаживать ее для предохранения от удара ее об ягодицу.

### IV. Эффект действия реактивных и инерционных сил

Пример аналогичен предыдущему и также заимствован из исследования автора по бегу. После прохождения маховой ноги мимо опорной в первой имеет место а) падение продольной скорости колена, т.е. притормаживание бедра, и б) убыстрение движения стопы вперед, т.е.разгибательное угловое ускорение в коленном сочленении.
          В данном примере имеют место противоречия между направлениями мышечных усилий и результирующих ускорений. Это было бы немыслимо в динамике материальной точки, в динамике же связанной кинематической системы подобные противоречия могут обусловливаться столкновениями реактивных и инерционных сил Общее объяснение как описанного случая, так и других подобных ему - в том, что в направлении наблюдаемого фактического ускорения на звено действуют мощные реактивные силы, и собственных мышечных усилий, хотя они и направлены в прямо противоположную сторону, не хватает на то, чтобы полностью погасить реактивную силу, так что она все-таки ускоряет движение звена в своем направлении.
          Трудность, создаваемая для планомерной координации фактами неоднозначности в кольцевой зависимости, сама по себе настолько глубока и принципиальна, что на ее фоне стушевываются обрисованные выше трудности, связанные с непослушностью цепей со многими степенями свободы. Этим и объясняется то, что мы позволили себе выше образно назвать беззаботностью природы по части изобилия допускаемых ею степеней свободы подвижности: находя путь к преодолению принципиальной трудности неоднозначности, она тем самым полностью решает менее трудную и непринципиальную задачу многостепенности, а тут уже, как мы скоро увидим, действительно все равно, будет ли перед нами цепь о пяти или семидесяти пяти степенях свободы.
          Путь, найденный природой к преодолению охарактеризованных трудностей, прямо подсказывается тем фактом двоякой обусловленности мышечных напряжений, который мы выше интерпретировали посредством семейств кривых. Раз при данном физиологическом состоянии мышцы напряжение ее зависит от ее наличной длины (мы пока отвлекаемся от осложняющего влияния мышечной вязкости, которое принципиально не меняет дела), значит, центральная нервная система будет реально в состоянии придать мышце то или иное требующееся напряжение в том и только в том случае, если она будет в курсе этой наличной длины мышцы и всех претерпеваемых ею изменений. Решение вопроса о неоднозначности лежит в использовании для регулирования эффекторного процесса *сензорных сигналов* о позе кинематической цепи и о мере растяжения каждой из влияющих на ее движения мышц. Далее уже легко представить себе, что при наличии такого непрерывно текущего потока сигналов с периферии центральной нервной системе в принципе нетрудно справиться с любой расточительностью по части степеней свободы подвижности. Действительно, как только орган, находящийся под действием внешних и реактивных сил, плюс еще какая-то добавка внутренних мышечных сил отклонится в своем результирующем движении от того, что входит в намерения центральной нервной системы, эта последняя получит исчерпывающую сигнализацию об этом отклонении, достаточную для того, чтобы внести в эффекторный процесс соответственные адекватные поправки. Весь изложенный принцип координирования заслуживает поэтому названия *принципа сензорных коррекций*.
          Сказанное вполне объясняет, почему расстройства в эффекторных аппаратах центральной нервной системы, как правило, не влекут за собой чистых нарушений координации, давая только синдромы параличей, парезов, контрактур и т.п., и почему обязательно непорядки в *афферентных* системах вызывают нарушения движений атактического типа, т.е. расстройства координации. Ниже будет показано, что афферентным системам, кроме вторично-коррекционной, принадлежит еще очень важная для двигательного процесса инициативная, установочная и пусковая ролв; поэтому не удивительно, что в результате чисто афферентационных нарушений нередко возникают, кроме дискоординаций, даже и расстройства с четким обликом параличей, парезов и т.п., с хорошим восстановлением движений после каких-либо викарных возмещений утраченной афферентации.
          Все известные в клинике формы органических расстройств координации всегда связаны с заболеваниями рецепторных аппаратов и их проводящих путей: вестибулярных аппаратов (лабиринтная или вестибулярная атаксия), рецепторных систем мозжечка (церебеллярная атаксия), задних столбов спинного мозга, проводящих проприоцептивную и тактильную импульсацию (табетическая атаксия) и т.д. Экспериментально у животных перерезка двигательных (передних) корешков одной из конечностей ведет к параличу этой конечности, тогда как перерезка задних корешков (деафферентация) приводит к резким нарушениям координации. У лягушки дефферентация в полной мере из кн. стр. 44.
          И у человека возможны компенсации, способные преодолеть в той или иной мере органическую атаксию; и всегда они осуществляются путем включения в двигательный процесс нового вида чувствительности. Известно, как резко ухудшаются движения табетика при закрывании глаз, т.е. в какой большой мере используется им для компенсации зрение. Восстановление в той или иной мере походки у тех же табетиков хорошо удавалось иногда при помощи бандажей, производивших переменное давление на кожу живота при движениях бедер, вызывая этим компенсационные осязательные ощущения.
          Как будет показано ниже, все виды *афферентации организма* принимают в разных случаях и в разной мере *участие в осуществлении сенсорных коррекций*. Иными словами: каждому виду и качеству чувствительности доводится в очередь с ее основной экстероцептивной (иногда и энтероцептивной) работой выполнять функции наблюдения за движениями собственного тела и сигнализировать о них в центральную нервную систему в порядке выполнения сензорных коррекций. Используя и далее терминологию Sherrington, мы назовем всю совокупность рецепторных отправлений этого рода проприоцепторикой в широком, или функциональном, смысле. Однако сам основной факт, в первую очередь требующий подобного корригирования, - факт зависимости мышечного напряжения от *длины мышцы* - говорит о том, что самое первоочередное и непосредственное участие в реализации этих коррекций *принимает проприоцептивная система в узком смысле слова* - система сензорных сигналов о позах, сочленовных угловых скоростях, мышечных растяжениях и напряжениях. Мышца, вызывая своей деятельностью изменения в движении кинематической цепи, раздражает при этом чувствительные окончания проприоцепторов sensu stricto ("периферийное замыкание"), а эти проприоцептивные сигналы, замыкаясь в центральной нервной системе на эффекторные пути, вносят изменения в эффекторный поток, т.е. в физиологическое состояние мышцы ("*центральное замыкание*"). Перед нами, таким образом, не рефлекорная дуга, а другая форма взаимоотношений между афферентным и эффекторным процессом, характеристическая для всех координационных процессов, - *рефлекторное кольцо*. Таким образом, здесь снова вскрывается картина кругового взаимодействия, очень напоминающая ту, которая была обрисована выше, при анализе взаимоотношений между мышечным напряжением и движением, только развертывающаяся в другом плане, уже не чисто биомеханически, а через посредство центральной нервной системы. И этот случай взаимодействия мог бы быть теоретически представлен в форме дифференциального уравнения, хотя мы пока еще далеки от возможности реально построить его.
          Рефлекторное кольцо, представляющее собой фундаментальную форму протекания двигательного нервного процесса, может быть с наибольшей степенью наглядности изображено в виде такого схематического четырехугольника:
          Итак, и это очень важно с самого начала подчеркнуть и отметить, координация есть не какая-то особая точность или тонкость *эффекторных* нервных импульсов, а особая группа физиологических механизмов, создающих непрерывное *организованное циклическое взаимодействие между рецепторным и эффекторным процессом*. Никакой тончайший анализ не мог бы найти в эффекторном импульсе признаков или элементов "координации": их там нет. Координация, Подготовляет ли она двигательную периферию к принятию эффекторного импульса или оформляет и соразмеряет самый импульс соответственно конкретному учету периферической ситуации, все равно лежит вне эффекторного импульса, в известном смысле - над ним.

### \*\*\*

Подведем основные итоги. Два решающих обстоятельства: 1) факт избытка кинематических степеней свободы, зависящих от строения сочленений, и 2) факт упругой мышечной связи между звеньями подвижных цепей, из которого проистекает неопределенная, неоднозначная зависимость между мышечной активностью и движением и который можно рассматривать как эквивалент еще некоторого числа *динамических* степеней свободы, - оба в совокупности делают органы движения *принципиально неуправляемыми системами* для каких бы то ни было качеств или сколь угодно тонких форм *чисто эффекторных* следований импульсов. Силы, обусловливающие фактическое движение каждого звена кинематической цепи, могут быть представлены каждая в виде геометрической суммы трех составляющих: 1) силы, исходящей от активного двигателя системы, - в данном случае от мышцы; по большей части силы этого рода являются внутренними силами; 2) внешних сил (тяжести, сопротивления внешней среды и т.п.) и 3) реактивных сил, количество и разнообразие которых, как уже было сказано, бурно возрастает с увеличением числа степеней свободы.
          Сензорная коррекция эффекторных импульсов, управляющих мышечной активностью, ведется так, чтобы равнодействующие всех упомянутых участвующих в движении сил, и внутренних, и внешних, и реактивных, вели движущуюся систему из ее исходного состояния в требуемом направлении, с требуемой силой и скоростью. В каждую такую равнодействующую, состоящую из трех динамических "паев" (активного, внешнего, реактивного), эффекторика вносит только один пай. Понятно, что структура этого одного пая из трех тем сильнее отличается от их общей результирующей суммы, чем больше в движении участвуют реактивные и внешние силы и чем экономичнее оно построено в отношении расходования активной мышечной работы. Это-то несоответствие между первой категорией сил - единственной прямо подвластной управлению - и результирующей кинетикой цепи и делает столь трудно управляемыми кинематические цепи со многими кинематическими и динамическими степенями свободы. Сюда прибавляется еще и то, что даже при небольших допусках и конструктивных нестрогостях, всегда возможных и у очень точно выполненных машин, а в живых кинематических цепях подчас весьма значительных, резко возрастает неодинаковость и непостоянство реактивных сил от раза к разу при повторных циклах одинаковых движений. Это обстоятельство делает реактивные силовые наслоения помимо их сложности еще и практически не предусмотримыми.
          С другой стороны, неоспоримо (в гл. VIII будет подробно проанализировано на фактическом материале), что движение тем экономичнее, а следовательно, и рациональнее, чем в большей мере организм использует для его выполнения реактивные и внешние силы и чем меньше ему приходится привносить активных мышечных добавок. Но, очевидно, чем меньше эти добавки, тем меньше сходства остается между формой их протекания и той суммарной силовой равнодействующей сил всех трех видов, которая фактически выполняет реализуемое организмом движение. В наиболее совершенных по своей биодинамике движениях (динамически устойчивых, см. гл. IV и VIII) это явление достигает максимума, и сходство между мышечной формулой и движением остается не более значительным, чем, например, сходство между работой вспомогательного судового дизеля, включаемого время от времени, и курсом парусного судна, идущего под сильным попутным ветром. Всем хорошо знакомо искусство парящего полета морских птиц, способных пролетать большие расстояния, почти не работая крыльями, за счет одних только мастерски используемых ими колебаний воздушных течений, - искусство, которому все лучше подражает и человек в своем планерном спорте, но гораздо менее известно то, что и в обыденной моторике ходьбы, бега, трудовых приемов и т.д. соотношения между кривыми мышечной активности и кривыми результирующих усилий и движений мало чем отличаются в принципе от упомянутой кинетики альбатроса.
          По этим причинам для перевода с языка пространственно-кинематических представлений, на котором психологически строится первичный проект движения, на язык фактической мышечной динамики требуется довольно сложная *перешифровка*, которая вдобавок тем сложнее и прихотливее, чем совершеннее выполняемое движение, т.е. чем лучше выработан двигательный навык. Если к этому прибавить еще, что по причине указанного выше отсутствия однозначности эти шифры к тому же меняются от раза к разу при повторных выполнениях движения, то у нас останется очень немного от тех старых представлений о выработке нового навыка как условной связи, согласно которым такая выработка совершается путем "проторения" в результате серии точно одинаковых повторений. Для дальнейшего следует отметить еще, что в сложных двигательных актах, реализуемых высшими кортикальными системами, сплошь и рядом требуется несколько наложенных одна на другую последовательно совершаемых перешифровок разного механизма и разного смыслового содержания.
          Приведем пример, являющийся выразительной иллюстрацией к сказанному.
          Для интегрирования дифференциального уравнения второго порядка, т.е. для нахождения одного из бесчисленных возможных для него конкретных решений, необходимо подставить в общее решение по меньшей мере два начальных условия, не зависящих от самого уравнения. В случае уравнения, определяющего движение кинетической системы с упругими связями, такими начальными условиями могут послужить, например, исходные положения и начальные скорости элементов цепи.
          Очевидно, если по каким-либо причинам проприоцептивная афферентация (в широком смысле) выключена, то центральная нервная система не будет располагать ни указанными, ни другими эквивалентными им данными для выбора того или другого из возможных решений дифференциального уравнения. Отсюда вместо приспособительно-видоизменяемых следований импульсов, которые посылаются ею в норме и дают при циклических движениях чеканно одинаковые циклы, центральная нервная система будет раз за разом посылать на периферию стереотипные, одинаковые цепочки импульсов, не ведая, с какими ситуациями они там столкнутся. В результате, разумеется, получится картина, как раз обратная только что обрисованной для нормы: одинаковые серии импульсов приведут к резко непохожим одни на другой циклам движения.
          Так, действительно, и происходит при характернейшей болезненной форме системного выключения проводящих путей проприоцепторики в спинном мозгу - tabes dorsalis. Вариативность *кривой усилий* от шага к шагу мало чем отличается у табетика от того, что имеет место и в норме. Но в то время как *кривые движений* у здорового субъекта совершенно неотличимы в последовательных шагах, у больного они дают резко выраженную разницу циклов. За непринятие в расчет данных об имеющих место в очередном шаге начальных условий и за стереотипную одинаковость импульсовых серий, без адекватных перешифровок, организм расплачивается в лучшем случае резкой деавтоматизацией походки, а в худшем - полной потерей устойчивости.
          Итак, в наиболее точном определении *координация движений* есть преодоление избыточных *степеней свободы движущегося органа, иными словами, превращение последнего в управляемую систему*. Указанная в определении задача решается по принципу сензорных коррекций, осуществляемых совместно самыми различными системами афферентации и протекающих по основной структурной формуле *рефлекторного кольца*.
          Состав тех афферентационных ансамблей, которые участвуют в координировании данного движения, в осуществлении требуемых коррекций и в обеспечении адекватных перешифровок для эффекторных импульсов, а также вся совокупность системных взаимоотношений между ними обозначаются нами как *построение данного движения*.
          Необходимо подчеркнуть, что хотя все имеющиеся в распоряжении организма виды рецепторных аппаратов принимают участие в осуществлении сензорных коррекций и выполнении требуемых для этого перешифровок в разных планах и различных уровнях, однако ни в одном случае (кроме, может быть, простейших прарефлексов) эти акты корригирования не реализуются сырыми рецепторными сигналами от отдельных, изолированных по признаку качества афферентационных систем. Наоборот, сензорные коррекции всегда ведутся уже *целыми синтезами*, все более усложнящимися от низа кверху и строящимися из подвергшихся глубокой интеграционной переработке сензорных сигналов очень разнообразных качеств. Эти синтезы, или сензорные поля, и определяют собой то, что мы обозначаем как уровни построения тех или иных движений.
          *Каждая двигательная задача находит себе в зависимости от своего содержания и смысловой структуры тот или иной уровень, иначе говоря, тот или иной сензорный синтез, который наиболее адекватен по качеству и составу образующих его афферентации и по принципу их синтетического объединения требующемуся решению этой задачи*. Этот уровень и определяется как ведущий уровень для данного движения в отношении осуществления важнейших, решающих сензорных коррекций и выполнения требуемых для этого перешифровок.
          Лучше всего понятие о различных *ведущих уровнях построения* уяснится из примерного сопоставления ряда движений, сходных по своему внешнему оформлению, но резко различных между собой по уровневому составу.
          Человек может совершить, положим, *круговое движение рукой* в ряде чрезвычайно не сходных между собой ситуаций. Например: А. При очень быстром фортепианном "вибрато", т.е. при повторении одной и той же ноты или октавы с частотой 6 - 8 раз в секунду нередко точки кисти и предплечья движутся у выдающихся виртуозов по небольшим кружочкам (или овалам) В. Можно описать рукой круг в воздухе в порядке выполнения гимнастического упражнения или хореографического движения. С. Человек может обвести карандашом нарисованный или вытесненный на бумаге круг (С1) или же срисовать круг (С2), который он видит перед собой D. Он может совершить круговое движение рукой, делая стежок иглы или распутывая узел Е. Доказывая геометрическую теорему, он может изобразить на доске круг, являющийся составной частью чертежа, применяемого им для доказательства. Все это будут круги или их более или менее близкие подобия, но тем не менее во всех перечисленных примерах их центрально-нервные корни, их (как будет показано ниже) *уровни построения* будут существенно разными. Во всех упомянутых вариантах мы встретимся и с различиями в механике движения, в его внешней, пространственно-динамической картине и, что еще более важно, с глубокими различиями координационных механизмов, определяющих эти движения.
          Прежде всего нельзя не заметить, что все эти круговые движения связаны всякий раз с *другими афферентациями*. Кружки по типу примера А (доказательства будут приведены в гл. III - VI) получаются непроизвольно, в порядке неосознаваемого *проприоцептивного рефлекса*. Круг танцевально-гимнастический (В) точно так же обводится главным образом под знаком *проприоцептивной коррекции*, но уже не элементарно-рефлекторной, а в значительной части осознаваемой и обнаруживающей преобладание уже не мышечно-силовых, а суставно-пространственных компонент проприоафферентации. Круг обрисовываемый (С1) или срисовываемый (С2) ведется с главенствующим контролем зрения - в первом случае более непосредственным и примитивным, во втором - осуществляемым очень сложной синтетической афферентационной системой "зрительно-пространственного поля". В случае D ведущей афферентационной системой является представление о *предмете*, апперцепция предмета, осмысление его формы и значения, дающее активный результат в виде *действия* или серии действий, направленных к целесообразному манипулированию с этим предметом. Наконец, в случае Е - круга, изображаемого лектором математики на доске, ведущим моментом является не столько воспроизведение геометрической формы круга (как было бы, если на кафедре вместо учителя математики находился учитель рисования), сколько полуусловное изображение соотношений рисуемой окружности с другими элементами математического чертежа. Искажение правильной формы круга не нарушит замысла лектора и не пробудит в его моторике никаких коррекционных импульсов, которые, наоборот, немедленно возникли бы в этой же ситуации у учителя рисования.
          Все перечисленные движения (от А до Е) будут по их мышечно-суставным схемам кругами, но их реализация, их *построение*, проводимое центральной нервной системой, будет для каждой из поименованных разновидностей протекать на другом уровне.
          Очень характерный пример практического использования этих данных для восстановительной терапии движений дает проведенная в течение настоящей войны серия исследований А.Н. Леонтьева и его сотрудников (ВИЭМ - Институт психологии). По их наблюдениям, даже в случае грубого периферического нарушения движений вследствие анкилоза или тяжелой контрактуры амплитуда возможных произвольных движений пораженной руки способна изменяться в очень широких пределах за счет изменений одной только формулировки двигательного задания, т.е. переключения исполняемого движения на тот или другой уровень. Например, на приказание "поднять руку как можно выше" больной поднимает ее до определенного штриха на (не видимой ему) измерительной рейке. На следующее затем приказание ложенную видимую точку на листе бумаги больной поднимает руку уже на 10 - 12 см выше; если же задание будет выражено в виде: "сними с крючка повешенный на нем предмет", то это обеспечит увеличение амплитуды подъема еще на десяток сантиметров. Контрольная проба подъема по беспредметному заданию (как в начале опыта) показывает, что завоеванные уже десятки сантиметров сохраняют силу только по отношению к вызвавшим их формулировкам. Легко Заметить, что три последовательных задания Леонтьева относятся соответственно к вышеназванным уровням В, С к В. Пример показывает, как различны между собой иннервационные и мышечные формулы, производящие совершенно однотипные на вид движения, но в разных уровнях.
          Характеристика отдельных уровней построения движений, насколько их удается расчленить к настоящему времени, приводится в гл. III - VI; обрисовка динамики их возникновения и развития двигательных координации в фило- и онтогенезе - в гл. VII и VIII. Здесь необходимо сделать еще только одно примечание.
          Ни одно движение (может быть, за редчайшими исключениями) не обслуживается по всем его координационным деталям одним только ведущим уровнем построения. Мы увидим ниже, что в начале формирования нового индивидуального двигательного навыка действительно почти все коррекции суррогатно ведутся ведущим уровнем-инициатором, но вскоре положение изменяется. Каждая из технических сторон и деталей выполняемого сложного движения рано или поздно находит для себя среди нижележащих уровней такой, афферентации которого наиболее адекватны этой детали по качествам обеспечиваемых ими сензорных коррекций. Таким образом, постепенно, в результате ряда последовательных переключений и скачков образуется сложная многоуровневая постройка, возглавляемая *ведущим уровнем*, адекватным *смысловой структуре* двигательного акта и реализующим только самые основные, решающие в смысловом отношении коррекции. Под его дирижированием в выполнении движения участвует, далее, ряд *фоновых уровней*, которые обслуживают фоновые или технические компоненты движения: тонус, иннервацию и денервацию, реципрокное торможение, сложные синергии и т.п. *Процесс переключения технических компонент движения в низовые, фоновые уровни есть то, что называется обычно автоматизацией движения. Во всяком движении*, какова бы ни была его абсолютная уровневая высота, *осознается один только его ведущий уровень* и только те из коррекций, которые ведутся непосредственно на нем самом. Так, например, если очередной двигательный акт есть завязывание узла, текущее на уровне О, то его технические компоненты из уровня пространственного поля С, как правило, не достигают порога сознания. Если же следующее за ним движение - потягивание или улыбка, протекающие на уровне В, то этот уровень осознается, хотя он абсолютно и ниже, чем С. Конечно, из этого не следует, чтобы степень сознательности была одинаковой у каждого ведущего уровня; наоборот, и *степень осознаваемости, и степень произвольности растет с переходом по уровням снизу вверх*.
          Переключение технической компоненты из ведущего уровня в тот или другой из низовых фоновых приводит, согласно сказанному, к уходу этой компоненты из поля сознания, а это явление как раз и заслужило название автоматизации. Вполне понятна выгодность автоматизации, ведущей к разгрузке сознания от побочного, технического материала и этим создающей для него возможность сосредоточиться на самых существенных и ответственных сторонах движения, к тому же, как правило, изобилующих непредвиденностями всякого рода, требующими быстрых и находчивых переключений. Противоположный описанному процесс временного или полного разрушения автоматизации носит название *деавтоматизации*. Оба эти процесса подробнее освещены в гл. VIII и IX.
          Закончим настоящую главу *описью уровней построения*, характеризуемых во второй части этой книги. А - уровень палеокинетических регуляций, он же рубро-спинальный уровень центральной нервной системы. В - уровень синергии, он же таламо-паллидарный уровень. С - уровень пространственного поля, он же пирамидно-стриальный уровень. Распадается на два подуровня: С1 - стриальный, принадлежащий к экстрапирамидной системе, и С2 - пирамидный, относящийся к группе кортикальных уровней. В - уровень действий (предметных действий, смысловых цепей и т.п.), он же теменно-премоторный уровень. Е - группа высших кортикальных уровней символических координации (письма, речи и т.п.).
          В характеристиках уровней построения будет придерживаться по возможности единообразного плана: локализация и субстраты; ведущая афферентация; характеристические свойства движений; самостоятельные движения, управляемые данным уровнем; фоновая роль уровня в двигательных актах вышележащих уровней; дисфункции и патологические синдромы.

## ЧАСТЬ ВТОРАЯ. УРОВНИ ПОСТРОЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ

### Глава третья. СУБКОРТИКАЛЬНЫЕ УРОВНИ ПОСТРОЕНИЯ

**Рубро-спинальный уровень палеокинетических регуляций А**
          Обращаемся к поочередной психо-физиологической характеристике наметившихся к настоящему времени уровней построения движений от наинизших до наиболее новых по генезу и сложных по структуре. Ввиду новизны вопроса в последующем изложении невозможно избегнуть ряда не вполне еще ясных, а быть может, и спорных пунктов.
          Характеристике самого низшего из уровней, обладающего у человека функциональной самостоятельностью, - *рубро-спинального уровня* палеокинетических регуляций, необходимо предпослать некоторые данные об особенностях микрофизиологии нервно-мышечного процесса, играющих в этом уровне определяющую роль.
          Древнейшими двигательными аппаратами, сохранившимися у человека со времени наиболее примитивных многоклеточных организмов, являются подвижные системы внутренностей, оснащенные гладкой мускулатурой и иннервируемые от вегетативной нервной системы. Вся совокупность нервных и мышечных элементов группы заслуживает названия палеокинетической системы в противоположность *неокинетической* системе соматического костно-суставно-мышечного аппарата, связанного с сетью периферических миэлинизированных нервных аксонов и с центральной нервной системой.
          Движения *гладких мышц* палеокинетической системы медленны, диффузны; это даже не столько движения, сколько неторопливые смены различных стационарных значений длины мышечных клеток, способной оставаться неопределенно долго на каждом из них. Мышцы палеокинетической системы могут при известных условиях развивать значительные усилия, но лишь медленно, на низкой мощности (например, запирательное усилие раковинных створок у моллюсков).
          Мышцы палеокинетической системы склонны к образованию сплошных сетей (синцитиев), нервы - столь же сплошных сплетений с обильными анастомозами (невропилей). В прямой связи с этим палеокинетический нервный процесс очень склонен к иррадиациям. Среди сложных синергии палеокинетического аппарата большое место занимают статокинетические (формоприспособительные) процессы плавных изменений форм и очертаний органа. Правда, этому очень способствуют бесскелетные устройства всей сомы у тех животных, у которых палеосистема является единственной, и внутренних, опять-таки бесскелетных, органов у позвоночных.
          Постепенно назревавшая в филогенезе потребность в быстрых и мощных движениях привела на одной из его ступеней к возникновению и строго параллельному развитию: а) жестких костно-суставных кинематических цепей скелета и б) поперечнополосатой мускулатуры с ее нервным оборудованием, вместе образовавших то, что мы обозначаем термином "неокинетическая система". Пассивная часть (а) этой системы является необходимым спутником активной части (б), так как полномерное использование скорости и мощности поперечнополосатой мышцы требует жестких рычажных устройств для передачи больших и быстро изменяющихся усилий, развиваемых такой мышцей, и для сопротивления подчас огромным инерционным силам, возникающим при ее работе1.
          *Неокинетический процесс* как в нервном, так и в поперечнополосатом мышечном элементе имеет характер быстрой и краткой вспышки, длящейся у теплокровных немногие миллисекунды и связанной со столь же быстрым развитием на волокне поверхностной электроотрицательности (spike - спайк). Эта вспышка волны возбуждения вслед за возникновением вспышки возбуждения в точке волокна развертываются две параллельно текущие последовательности следовых процессов, доказанным образом представляющих собой две стороны одного и того же физиологического ряда: 1) смена следовых биоэлектрических потенциалов и 2) ряд сдвигов уровней *возбудимости* и всех амплитудных и скоростных показателей *протекания возбуждения*. Вслед за вспышкой возбуждения в период опадания зрачке начинается постепенное восстановление возбудимости (относительная рефрактерность). Спустя несколько миллисекунд от начала вспышки возбуждения (эти длительности сильно колеблются у разных волокон в зависимости от их калибров и связанных с ними общих скоростных характеристик) наступает фаза следового минус-потенциала, во многие десятки раз более низкого по амплитуде по сравнению со спайком. Эта фаза точно совпадает своим началом и концом с супернормальной фазой повышенной возбудимости. По ее миновании параллельно же развиваются в 10-20 раз более длительная и во столько же раз более слабая по амплитуде фаза следового плюс-потенциала и фаза понижения возбудимости - субнормальная. У разных типов волокон как длительности, так и качественные тонкости этой смены фаз несколько вариируют, но во всех случаях сохраняется неукоснительное соответствие между знаком и временными границами фазы по потенциалу и теми же сторонами фазы изменений физиологических характеристик.
          Так детально описать весь ход смены явлений, сопровождающих вспышку неокинетического возбуждения, возможно потому, что этот ход *абсолютно стандартен* для каждого данного неокинетического элемента, почти не вариируя и между разными элементами. Инвентарь явлений и ресурсов *неокинетического возбуждения*, способного к скоростному фазовому распространению и к вызыванию физического сокращения поперчнополосатой мышцы, *полностью исчерпывается* отрывистым спайком с его всегда одинаково построенным следовым хвостом.
          Вдобавок к этому при данном физиологическом состоянии точки неокинетического элемента никакие изменения качества или силы возбуждающего воздействия не в состоянии ровно ничего изменить ни в количественной, ни тем более в качественной картине описанных явлений. Этот последний факт известен под именем закона "все или ничего". Он означает, что неокинетическая возбудимость обладает *альтернативными свойствами*: возбуждение либо наступает, либо не наступает, без количественной зависимости от раздражения. Таким образом, этот закон необходимо предполагает наличие острых и четких *порогов возбудимости*, действительно присущих всем сторонам неокинетического процесса.
          В анизотропных дисках *поперечнополосатого мышечного волокна* вспышке возбуждения сопутствует столь же кратковременный *сдвиг* всех механических показателей: длины покоя, модуля упругости и коэффициента вязкости, в сторону укорочения первой и увеличения двух последних, после чего все они почти мгновенным скачком возвращаются к своему исходному состоянию. Ни нервный, ни мышечный элемент неокинетической системы ни по биоэлектрическим показателям возбуждения, ни по механическим показателям мышцы не может пробыть в деятельном состоянии дольше примерно десятка своих хронаксий. Таким образом, *деятельное состояние неоэлемента есть резко неустойчивое состояние*, в то время как покой такого элемента является устойчивым состоянием, способным длиться неопределенно долго. Отметим еще, что деятельное состояние неоэлмента всегда сопровождается *электроотрицательной* вспышкой, никогда не обнаруживая чего-либо вроде "спайков-позитронов".
          Механические явления в поперечнополосатой мышце в результате вспышки возбуждения сложны главным образом вследствие целого ряда привходящих явлений как механического, так и структурного порядка. В момент возбуждения в анизотропных дисках мышечного волокна почти мгновенно возникают огромные сократительные напряжения. Эти напряжения перехватываются растягивающимися за их счет упругими пассивными изотропными дисками, играющими роль буферов-аккумуляторов упругой энергии и значительно более медленно и плавно вновь укорачивающимися, отдавая эту энергию через сухожилия и костные рычаги во внешний мир. Вспышка возбуждения, возникшая на волокне первоначально в области нервно-мышечной пластинки, распространяется тем временем в виде фазовой волны в обе стороны вдоль волокна. Наряду с этой волной вдоль мышечного волокна распространяется еще упругая волна механического напряжения, имеющая скорость примерно того же порядка, но совершенно иной природы. Немгновенность распространения вдоль мышцы обеих этих волн (приводящая, например, к тому, что при физиологической частоте тетануса около 100 Гц на протяжении длинной мышцы, вроде m. sartorius человека, длина как упругой, так и эксцитарной волны укладывается 4 - 5 раз) в сочетании еще с неодновременностью вовлечения в возбудительный процесс всех мионов данной мышцы и с упомянутой выше буферной работой изотропных дисков приводит к большому смягчению и слиянию грубых и молниеносных контрактильных взрывов, превращая их серии в хорошо известную всем плавную и тонко дозированную работу скелетных мышц. Однако наибольшую роль в регуляции однообразных неокинетических вспышек играет другой процесс, который будет освещен несколько ниже.
          Палеокинетический процесс в безмякотном нервном волокне и гладкой мышечной клетке почти по всем признакам резко, до полной противоположности, отличается от только что описанного неокинетического стереотипа. Прежде всего нервный процесс в палеокинетической системе не имеет характера стандартной вспышки; он не дает явления спайка с его высоким минус-потенциалом и сопутствующей рефрактерностью. Вместо этого он характеризуется медленными и длительными сдвигами потенциала с самыми разнообразными очертаниями кривых и с возможностью отклонений как в сторону минуса, так и в сторону плюса. Вместо характерной для неокинетического процесса антитезы "возбуждение" (неустойчивое) - "покой" (устойчивый) палеопроцесс протекает под знаком антитезы "состояние возбуждения - состояние угнетения или торможения". Первое из них сопровождается сдвигом потенциала в сторону минуса, второе - в сторону плюса, и оба обладают одинаковой степенью устойчивости. Какого-либо особого уровня нуля или покоя, который как-либо качественно отличался бы от всех прочих, палеокинетический процесс не знает.
          Далее палеопроцессу чужды ограничения, создаваемые законом "все или ничего". Обнаруживаемые им смещения потенциала и изменения длины и напряжения гладких мышечных волокон протекают с самыми разнообразными градациями силы и деятельности. Не подчиняясь закону "все или ничего". Палеокинетический процесс чужд и его необходимому спутнику - явлению стойких порогов: мера возбудимости палеокинетического элемента может колебаться в гораздо более широких пределах, нежели у неоэлемента, но при этом даже на самые слабые раздражения палеоэлемент откликается какими-то, хотя бы и слабыми, изменениями степени своей возбужденности. Для возбудимости *неокинетического* элемента характеристичны те *минимальные константы раздражения*, ниже которых он уже перестает отвечать; для возбудимости же палеоэлемента характеристичными являются те *коэффициенты пропорциональности*, которые определяют зависимость между изменениями силы раздражения и изменениями результирующего ответа.
          Не обнаруживая взрывообразных вспышек возбуждения на гомогенном фоне покоя, палеокинетический процесс не дает и явления фазовой волны: его протяжные сдвиги растекаются по волокну медленно и со значительным декрементом. Наконец, в противоположность откликанию на надпороговые раздражения "ударом на удар", характерному для типа возбудимости неоэлемента, палеокинетические элементы возбудимы не сразу: они требуют повторной и настойчивой раскачки (так называемый итеративный тип возбудимости Lapicgue), но зато после прекращения серии возбуждающих воздействий часто обнаруживают оборотную сторону той же инерции - дают длящийся еще некоторое время остаточный разряд.
          Самый механизм распространения, а особенно передачи нервного процесса с одного элемента на другой, резко различен у обеих описываемых систем: в неокинетическом аппарате если и не господствует, то, во всяком случае, занимает очень видное место биоэлектрический запальный процесс, в то время как в палеокинетической системе главенствует филогенетически древний гуморальный механизм передачи2.
          Предельное однообразие, негибкость и отрывистость неокинетического процесса, единственного, чем располагает для своих отправлений соматическая нервная система, были бы слишком дорогой платой за принесенные им преимущества быстроты и мощности, если бы не одна группа фактов фундаментального значения, вносящая настоятельно необходимый здесь корректив.
          Прежде всего нужно констатировать, что перечень физиологических отправлений, доступных неокинетическому элементу, исчерпывается стандартной неокинетической вспышкой только, если ограничить круг рассматриваемых явлений теми, которые характеризуются скоростным распространением по типу фазовой волны. За пределами этого ограничительного условия существует целая широкая область явлений, присущих этим же элементам и обнаруженных позднее из-за их значительно более трудной наблюдаемости. Явления этой области, относясь, несомненно, также к категории возбудительных процессов, резко обособляются от неокинетического процесса целым рядом четких отличий.
          Эти электротонические состояния могут обладать как тем, так и другим знаком (это так называемые central excitatory state и central inhibitory state Sherrington, т.е. проявляться в повышении или угнетении их возбудимости и проводимости. Первый вид сдвига обозначается еще как "облегчение" (facilitation); второй - известен в случае центрального происхождения под названием субординационного торможения, сеченовского торможения и др.
          Именно в синапсах всего яснее выражена роль, выпадающая в неокинетической системе на долю гуморальных механизмов передачи возбуждения. Весь процесс прохождения залпов возбуждения через спинальные синапсы неоспоримо совершается при существенном участии биоэлектрической слагающей: это отчетливее всего доказывается их способностью пропускать через себя цепочки спайков точным счетом. В то же время наличие гуморальной компоненты в процессе синаптической передачи возбуждения в настоящее время доказано неоспоримо, хотя и не достигнуто еще полного единодушия по вопросу о механизме совместного действия обоих факторов. Очень вероятно, что синаптическая задержка проведения возбуждения обусловливается именно превращением возбуди тельного процесса в области синапса из биоэлектрической фазовой волны в более сложное электрохимическое явление.
          Эти агенты удобно подразделяются на три группы: 1) электрическое поле подпороговой интенсивности, 2) другие адекватные возбудители неокинетического процесса при подпороговой дозировке и 3) ряд фармако-химических агентов, являющихся обычно адекватным возбудителями для палеокинетической системы, но неадекватных по отношению к неокинетическому возбуждению. В качестве типового представителя альтерирующих агентов лучше всего подходит первая группа. Действие их обнаруживается в нескольких закономерных рядах явлений.
          Во-первых, они вызывают смещение всех порогов, характеризующих меру *возбудимости* элемента к неокинетическому процессу. Во-вторых, параллельно этому вызываются и смещения всех амплитудных и скоростных характеристик протекания самой неокинетической вспышки возбуждения: вольтажа спайка и следовых биоэлектрических явлений, длительности всех последовательных фаз стандартной цепочки возбуждения, скорости распространения фазовой волны и т.д. В-третьих, специально в мышечном волокне параллельно уже перечисленным смешениям возникают еще сдвиги всех *механических параметров*: и длины покоя, и модуля упругости, и коэффициента вязкости. Тем самым, следовательно, смещается и кривая зависимости между длиной мышечного элемента и его напряжением, характеристическая диаграмма длин напряжений.
          Если альтерирующим агентом является экзогенное электрическое поле, то вся перечисленная совокупность смещений есть не что иное, как *пфлюгеровский электроток*. Все имеющиеся данные о проявлениях электротона на неокинетическом элементе согласно свидетельствуют о не знающем изъятий правиле параллелизма протекания всех перечислявшихся смещений. Нарастание положительного потенциала (анэлектротона) вызывает постепенно усиливающиеся смещения в сторону общего угнетения, способного прогрессировать вплоть до полного паралича возбудимости и жизнедеятельности. Нарастание электроотрицательности протекает двуфазно, как это было впервые установлено и изучено Н.Е. Введенским, назвавшим эту группу явлений парабиозом. Умеренный отрицательный потенциал (катэлектротон) сопровождается сдвигами в направлении снижения порогов, увеличения амплитудных и скоростных показателей возбуждения и смещениями мышечных параметров в сократительном направлении. Прогрессивное нарастание катэлектротона проводит все указанные экзальтационные сдвиги через некоторый максимум, вслед за которым начинается их обратное развитие с последующим переходом во все углубляющееся угнетение, способное, как и при анэлектротоне, дойти до полного паралича. Это катэлектротоническое или парабиотическое угнетение вслед за перевозбуждением представляет собой, скорее всего, угнетение вследствие перевозбуждения и, действительно, в ряде вариантов опытов Введенского производит впечатление оглушения нервно-мышечного субстрата чрезмерной для него возбудительной нагрузкой.
          К настоящему времени можно считать твердо установленной справедливость правила параллелизма смещений по отношению ко всем без исключения видам альтерирующих агентов любой группы. Хотя одни и те же агенты бывают способны при различных дозировках и различных условиях опыта вызывать смещения то катэлектротонического, то анэлектротонического знака, однако неукоснительно во всех случаях тот или другой знак смещения оказывается охватывающим весь список смещаемых характеристик.
          Особенно важно подчеркнуть, что, каковы бы ни были причины, обусловившие альтерационные смещения в неокинетическом элементе, эти смещения всегда сопровождаются возникновением в альтерированном пункте эндогенного электрического поля того или другого знака, т.е. смещениями биоэлектрического потенциала. Амплитуды этих смещений потенциала имеют тот же порядок величины (близ 1 млВ и ниже), что и следовые потенциалы неокинетической вспышки и "медленные потенциалы" палеокинетического нервного процесса, т.е. они намного ниже смещений потенциала при неокинетическом спайке. Знак эндогенного поля, возникающего в связи с альтерацией, т.е. появление кат- или анэлектротонического смещения, строго согласуется с экзальтационным или тормозным характером альтерационных изменений, таким образом, все виды альтераций, т.е. все протекающие по правилу параллелизма смещения показателей возбудимости и возбуждения неокинетического элемента, глубоко и неразрывно связаны с явлениями электротона.
          Может быть, наиболее замечательная сторона альтерационного круга явлений сводится к следующему. Как указано, альтерационные смещения показателей сопровождаются сравнительно медленными, длительными и низковольтными смещениями биоэлектрического потенциала, совершающимися в разных случаях как в сторону минуса, так и в сторону плюса. Среди них нет более устойчивых или менее устойчивых состояний; они протекают под знаком антитезы "состояние экзальтации - состояние угнетения или торможения", причем оба эти состояния обладают одинаковой степенью устойчивости. Какого-либо особого, качественно отличного от всех прочих уровня нуля или покоя среди них нет.
          Альтерационные смещения показателей не связаны ограничениями, налагаемыми законом "все или ничего", и протекают с самыми разнообразными градациями интенсивности. Не подчиняясь закону "все или ничего", альтерации чужды и явлению стойких порогов: даже на самые слабые альтерирующие воздействия неокинетический элемент откликается какими-то, хотя бы и слабыми, смещениями своих характеристик.
          Далее, процесс альтерационного смещения распространяется вдоль элемента не по типу фазовой волны: его протяжные сдвиги растекаются по волокну медленно и со значительным декрементом. Наконец, электротонические смещения показателей возбудимости и характеристик возбуждения, если вызывать их посредством адекватных, но подпороговых раздражений, не проявляются с первого раздражения, а требуют повторной и настойчивой раскачки (так называемая суммация подпороговых раздражений), но зато после прекращения серии смещающих воздействий часто обнаруживают явление, во всех отношениях сходное с остаточным разрядом.
          Если еще добавить ко всему сказанному, что в настоящее время гуморальный, медиаторный характер альтерационных смещений не подвергается никакому сомнению, то окажется, что описанная картина *смещений всех характеристик возбудимости неокинетического элемента и протекания его возбудительной вспышки есть не что иное, как палеокинетический процесс*, перенесенный на неокинетический субстрат со всеми своими свойствами, включая даже такие (например, способность к иррадиации), которые, казалось бы, стоят в прямом противоречии с его морфологической структурой. Итак, пороги возбудимости, амплитуда и быстрота протекания спайка, скорость распространения фазовой волны, длительности, интенсивности и сопутствующие потенциалы постэксцитаторных фаз, механические параметры поперечнополосатой мышцы - короче говоря, все свойства и стороны неокинетического процесса обладают *закономерной изменяемостью в неразрывной связи и строгом параллелизме с проявлениями палеокинетического процесса, развертывающегося на том же субстрате*. Неоспоримо, что под этой связью и параллелизмом скрыта *прямая причинная обусловленность*, свидетельствующая о том, что палеокинетический процесс обладает способностью являться регулятором неокинетического процесса, обеспечивающим последнему ту самую гибкость и настраиваемость, которой так недостает ему, взятому в изолированном виде.
          В частности, применительно к скелетной мышце установленное выше тождество между совокупностью электротонических смещений и палеокинетическим процессом приводит к очень важному выводу. В полном соответствии с ним и охарактеризованные выше электротонические смещения мышечных параметров - длины покоя и коэффициентов упругости и вязкости - обнаруживают полную аналогию с основным механическим сократительным процессом палеокинетической гладкой мышцы; это есть *физиологическая деятельность поперечнополосатой мышцы по образу и подобию гладкой*. Обобщая все известное по этому поводу, мы имеем все основания утверждать, что это есть тот самый круг явлений, который обозначается термином "*физиологический тонус* поперечнополосатой мышцы", до сих пор не имеющим точного и общепринятого определения. Все изложенное и приводит нас к этому искомому точному определению: *мышечный тонус есть палеокинетический модус работы поперечнополосатой мышцы*, иными словами - деятельность ее по образу и подобию гладкой мышцы. Это определение согласуется со всем имеющимся фактическим материалом и при этом открывает очень широкие горизонты для дальнейших физиологических обобщений накопленных к настоящему моменту фактов.
          Прежде всего из сказанного следует, что физиологический тонус скелетной мышцы *есть сложная и целостная совокупность явлений* отнюдь не одного только механического порядка В соответствии с правилом параллелизма катэлектротоническое смещение тонуса мышцы проявляет себя, с одной стороны, *уменьшением длины покоя волокна* (т.е. его укорочением), сопровождаемым возрастанием его *коэффициентов упругости и вязкости*; с другой же стороны, оно выражается в *увеличении его возбудимости*, т.е. снижении всех порогов, и в *возрастании амплитуд* всех сторон неокинетического физического сокращения: его высоты, мощности, скорости, амплитуды спайка и т.д. Иначе говоря (слегка жертвуя точностью определений в интересах наглядности), в механическом плане катэлектротонический сдвиг тонуса проявляет себя *двояко*: в виде нарастания *тонического напряжения* мышцы и в виде создания предпосылок для усиления физического сокращения и напряжения (неокинетической вспышки), разыгрывающихся на его фоне. Анэлектротоническое смещение (угнетение) тонуса проявляет себя всесторонне-обратным образом, вплоть до полного блокирования неокинетического процесса.
          Рядом с этим следует отметить, что подчеркивавшийся выше строгий параллелизм между постэксцитаторными фазами колебаний возбудимости и сопутствующими колебаниями следовых потенциалов может теперь уже легко быть расценен как имеющий все ту же электротоническую природу. Таким образом, серия постэксцитаторных сдвигов, охватывающих совокупность всех сторон возбудимости и возбуждения по правилу параллелизма, есть не что иное, как молниеносно быстрая *последовательность* альтераций сменяющихся знаков. Сопоставляя этот вывод с данным выше определением физиологического тонуса неокинетической мышцы, мы обнаружим, что тонические смещения отнюдь не обязательно медлительны по своей природе: цепочка постэксцитаторных смещении включает в себя и быструю, закономерную последовательность колебаний механических параметров тонуса. Как показывает точный анализ, при оптимуме частоты тетанизации эти быстрые следовые смещения тонуса прямо способствуют увеличению высоты и слитности тетануса.
          Определение *тонической деятельности* поперечнополосатой мышцы как *палеокинетического модуса ее работы* подкрепляется и констатированными при ее тонических сокращениях медленными, низковольтными сдвигами биоэлектрических потенциалов, и доступностью для этих сокращений любой длительности, и возможностью для них любых градаций интенсивности, т.е. их иммунитетом по отношению к закону "все или ничего", и отсутствием в них явления фазовой волны, и, наконец, равной возможностью для них *изменений* обоих знаков. Действительно, в области тонической деятельности поперечнополосатой мышце доступно как активное укорочение, так и активное удлинение, совершенно чуждое неокинетическому процессу. Такого рода активное удлинение наблюдается, например, при явлении реципрокного расслабления мышц-антагонистов, играющем важнейшую роль в координации и описываемом ниже.
          Сделанный подробный анализ альтерационных, иначе - электротонических, иначе - палеокинетических, явлений в неокинетической нервно-мышечной системе и тех регуляционных возможностей, которыми обладает палео-кинетический процесс по отношению к неокинетическому взрывному стандарту, нужен был в настоящем изложении потому, что (как это уже проскальзывало и выше) все эти явления отнюдь не относятся к числу только экзогенно вызываемых, искусственных процессов. Как показывает широкий круг разнороднейших наблюдений, все те явления, которые мы обобщили под названием палеокинетического процесса, действительно непрерывно имеют место в физиологических условиях на неокинетических субстратах неповрежденного организма, играя в них координационную роль первостепенной важности. У высших позвоночных этот процесс является орудием *центральной регуляции* и возникает *в стволовых мезэнцефалических ганглиях* головного мозга спускаясь оттуда по проводящим путям спинного мозга к синапсам передних рогов и далее - по мотоневронам - к скелетным мышцам. Этот центрально управляемый палеокинетический регуляционный процесс многократно просвечивал в наблюдениях разных авторов, по большей части и не подозревавших, что они наблюдают один и тот же цикл процессов. И спинномозговые "медленные потенциалы" американских авторов, и переменные *состояния возбудимости* и *угнетения* (CES И CIS) Sherington, и интермиттирующий фактор Ваrron и Matthews, и субординация Lapicgue, и торможение Сеченова, и т.д. - все это может сейчас уже, без сомнений, быть причислено к проявлениям описываемого регуляционного цикла. Как будет далее показано, этот цикл и представляет собой физиологическое содержание функции наинизшего из координационных уровней построения человека - рубро-спинального уровня палеокинетических регуляций А, к характеристике которого мы и переходим.
          Итак, в скудное однообразие слепого разряда энергии, каким, по сути дела, является неокинетический взрывной процесс, физиология центральной нервной системы вносит существенный корректив. *Палеокинетическая, тоническая* (электротоническая плюс гуморальная) *деятельность стволовых аппаратов центральной нервной системы* берет на себя в известном смысле *возглавление* и *регуляцию* филогенетически более нового, но обладающего целым рядом отрицательных сторон *неокинетического*, фазического (биоэлектрического) *процесса*. Эта регуляция не вмешивается в самое протекание неокинетических спайковых залпов, ничего не прибавляет к ним и не убавляет от них: она лишь создает для них *преднастройку*, предустанавливает значения констант и параметров, по которым будет далее развертываться протекание неокинетического процесса. Образно можно было бы сравнить ее действие с зажатием пальцем скрипичной струны, которое само не создает звука, но определяет то, какой звук будет далее извлечен движением смычка, или же с установкой на клавишах арифмометра требуемого многозначного числа, которое затем, после поворота рукоятки, появится в цифровых окошечках аппарата. Не случайно то, что Lapicgue сравнил одно из подмеченных им проявлений этого подготовительно-регуляционного процесса с переводом железнодорожных стрелок (aiguillage), к чему мы еще вернемся ниже.
          *;Уровень палеокинетических регуляций, он же рубро-спинальный уровень*, обозначенный в сводной описи символом А, по осуществляемым им функциям есть не только низший, но и неоспоримо древнейший в филогенезе, чего, однако, нельзя сказать о его субстратах у человека. Анатомическая ядерная система группы красного ядра сформировалась только у млекопитающих, и туда мигрировал в порядке энцефализации целый ряд функций, выполняющихся и доныне выполняемых у нижестоящих позвоночных системою спинного мозга. Весь этот ход развития будет освещен ниже, в гл. VII.
          Спинной мозг, взятый в отдельности, т.е. мысленно отделенный от мозгового ствола ниже уровня красных ядер, настолько инволюционировал у человека по ходу процесса энцефализации, что не обусловливает не только каких-либо самостоятельных движений, но даже внятных фоновых компонент. Все, что он может дать изолированно, - это в лучшем случае один-два искусственно вызываемых клинических рефлекса. Неверно было бы, однако, заключать отсюда, что мы приписываем ему только чисто передаточную роль. Как сейчас будет указано, активная роль спинного мозга у человека еще довольно многообразна, но только нет ни одного естественного физиологического процесса, в котором он выступал бы в одиночку, а не как одно неразрывное целое со стволовой (мезэнцефалической) частью головного мозга. Именно в силу этого мы даем описываемой системе наименование *рубро-спинального уровня*.
          Анатомический субстрат рубро-спинального уровня (т.е. совокупность органов, без которых функция этого уровня невозможна) составляют: спинной мозг с его клеточными образованиями и по крайней мере частью проводящих путей; группа клеточных ядер в стволе головного мозга, которую мы для краткости обозначаем как группу красного ядра и которая включает в себя само красное ядро с его двумя частями (palaeorubrum и neorubrum), Substantiamnigram, ядро Даркшевича и, может быть, люисово тело, область hypothalami, ядро Дейтерса, древний мозжечок и, наконец, в каких-то не вполне ясных функциональных отношениях, центральная часть вегетативного, парасимпатического и симпатического нервного аппарата.
          Афферентации, определяющие собой характер работы уровня, построенного на этом субстрате, представляют в основном: а) древнейшие компоненты проприоцептивной чувствительности - то, что можно обозначить как проприоцепторику тропизмов, - исходящие из концевых аппаратов, воспринимающих величину и направление мышечных напряжений и усилий, и из отолитовых аппаратов уха (палеолабиринтов), и б) древнейшие же компоненты танго-рецепторики, а именно то, что объединяется под термином "протопатическая чувствительность". Относительно этой последней не подлежит уже никакому сомнению палеокинетический характер ее протекания, особенно явно выступающий при так называемых гиперпатиях, т.е. синдромах выпадения эпикритической чувствительности при соответственно локализованных мозговых очагах: итеративная медленность раскачки, остаточный разряд, наконец, ясно выраженная иррадиация. Микрофизиологический характер древнепроприоцептивного процесса еще не очень ясен. Вся перечисленная афферентация, объединенная в довольно несложный синтез, сигнализирует животному о положении и направленности его тела в поле тяготения и, что, может быть, является наиболее существенным для координации, о величинах растяжения (по длине) и напряжения (по силе) скелетных мышц. Именно этот уровень выполняет в самом основном тот круговой коррекционный процесс согласования эффекторной активности каждой мышцы с ее наличной длиной, схема которого была обрисована в гл. II под именем *рефлекторного кольца*.
          Здесь необходимо осветить один очень общий принцип. Основываясь на отмеченном выше факте эволюции центральной нервной системы по типу качественного обрастания (а не количественного разрастания), можно было бы представить себе центральную нервную систему при функционировании некоторого уровня Р работающего так, как если бы она была усечена сверху вплоть до ядерных субстратов этого уровня. Это, однако, совершенно неверно. Если бы можно было иметь в своем распоряжении некий светофильтр, через который центральная нервная система высшего млекопитающего могла быть наблюдаема в строго "монохроматическом свете" одного определенного уровня (фигуральное пожелание, возникшее по аналогии с доступной современным астрономам возможностью наблюдать солнечную поверхность в монохроматических лучах одной определенной спектральной линии), то через светофильтр уровня Р она оказалась бы видимой по-прежнему в полной комплектности всех ее активных образований, вплоть до самых новейших, т.е. работающею и в этом случае как одно неделимое целое, но при этом не преминули бы обнаружиться два капитальных факта, с необходимостью уясняющихся косвенно и из наблюдений, доступных сейчас. Во-первых, при таком монохроматическом аспекте оказались бы резко измененными пропорции, функциональные удельные веса и даже размеры структурных частей мозга по сравнению с их фактическим обликом, соединения же, синапсы и проводящие пути одни резко подчеркнулись бы, другие, наоборот, стушевались до полной нераспознаваемости. Во-вторых же, тот физиологический процесс, который вычленился при подобном наблюдении и из всех текущих в центральной нервной системе процессов, обнаружил бы четко своеобразные особенности и характеристики, притом очень близко сходные с теми, которыми он обладает на низших ступенях филогенеза, у тех видов, у которых этот уровень Р и его определяющие морфологические субстраты являются потолком их возможностей и морфогенетических достижений. Таким образом, центральная нервная система высшего млекопитающего ведет древний по всем своим свойствам физиологический процесс, характерный для уровня Р, на измененном и обогащенном субстрате, неизбежно стилизующем его несколько по-иному и делающем его одновременно и таким и не таким, каким он был некогда, в эпоху главенствования уровня Р. Если двигательный акт, реализуемый центральной нервной системой, представляет собой сложную структуру с рядом фоновых уровней под верховным управлением ведущего, то на одном и том же неделимом субстрате центральной нервной системы высшего млекопитающего одновременно и совместно протекает ряд резко не сходных между собой физиологических процессов, не только не сбивающих друг друга в здоровой норме, но, наоборот, взаимодействующих между собой и дооформляющих друг друга.
          Именно такой случай с особенной четкостью выявляется применительно к функции рассматриваемого рубро-спинального уровня А. Если начать с субстрата, то наблюдаемый через монохроматическое стекло марки "А" головной мозг еще очень мал, беден и по преимуществу мелкоклеточен; в его кору сензорные импульсы уровня А затекают скудно, диффузно, не часто достигая поля сознания. Самое важное то, что этот головной конец - далеко еще не главный конец; это скорее "спинной мозг головы", обслуживающий головные метамеры, как erteria coronaria обслуживает сердечную мышцу. Весь ствол центральной нервной системы в целом по уровню А еще очень отчетливо функционально метамерен и особенно явственно связан с вегетативной нервной системой (в стекла марок других, вышележащих уровней эта связь почти не видима).
          Процесс, развертывающийся на этом субстрате, есть не что иное, как рассмотренный в начале этой главы *палеокинетический возбудительно-тормозной процесс*, которому и было уделено там место не во имя тех движений, которыми он ведает во внутренних органах и которые в общем балансе психомоторики представляют мало интереса, а именно в связи с той ролью, которая выпадает ему в области соматических координационных регуляций. Как будет видно из последующего изложения, в каждом уровне построения физиологический процесс имеет свои приемы осуществления сензорных коррекций, свои особенности протекания и работы, характерные для него не в меньшей степени, нежели качественный состав образующих его афферентаций. Способ координационного управления, характерный для рубро-спинального уровня А, есть исходящее из центральной нервной системы и протекающее на неокинетической нервной и мышечной сети регулирующее воздействие на неокинетический, тетанический эффекторный процесс посредством палеокинетических, электротонических смещений его характеристик, - как раз тот цикл явлений, которому была посвящена первая часть этой главы. Очень своеобразно, что палеокинетический процесс, родившийся в филогенезе вместе со своим специфическим субстратом - безмякотной, невропилевой нервной сетью и системой гладких мышц, и продолжающий даже у высших млекопитающих протекать на нем же в ограниченных пределах вегетативного аппарата, в то же время сумел акклиматизировать и на неокинетическом субстрате, казалось бы, резко чуждом ему как по эпохе своего возникновения, так и по всем своим структурным свойствам. На этом субстрате, обеспечивающем миэлиновыми оболочками своих аксонов все условия для "закона изолированного проведения" фазовых волн неокинетического возбуждения, он как-то умудряется иррадиировать ничуть не хуже, чем на палеокинетическом невропиле, насквозь пронизанном и простеганном анастомозами. Там, где неокинетический взрывной процесс встречает острые, трудно смещаемые пороги, палеокинетика течет характерным для нее беспороговым стилем с обширными итеративными смещениями показателей возбудимости. О том значении, какое имеет этот процесс для организации неокинетических цепей возбуждения, было уже сказано выше; нужно еще рассмотреть, в каких явлениях обнаруживает себя эта регуляция и какие стороны координационного процесса она обслуживает.
          Прежде всего на долю рубро-спинального уровня выпадает ряд так называемых спинальных рефлексов, в свое время очень подробно изученных школой Sherrington и, в сущности, представляющих собой переходной фазис от чисто метамерного модуса работы спинного мозга к некоторой интеграции. Здесь, на этом уровне, интеграция осуществляется еще в порядке плюрисегментальных иннервации, постепенного иррадиационного вовлечения в работу возрастающего числа метамеров и, наконец, что образует собой уже более высокую качественную ступень, в порядке одновременного и последовательного распределения возбуждений и торможений не только по мышцам метамеров, но и по антагонистическим парам мышц *конечностей* - образований, филогенетически более молодых, нежели метамеры. Наиболее характерным среди рефлексов этой группы является рефлекс *реципрокной иннервации и денервации* антагонистов, лежащий в основе всякого вообще движения конечностей. Этот рефлекс обеспечивает при вступлении одной из мышц конечности или пояса в активный тетанус денервацию ее антагониста. Из сказанного в первой части этой главы следует, что эта *денервация есть анэлектротоническое снижение тонуса*, сопровождаемое, конечно, параллельными анэлектротоническими сдвигами всех показателей возбудимости и параметров протекания возбуждения. Реципрокная денервация сопровождается спонтанным удлинением мышцы, не связанным с растягиванием мышцы какой-либо вне ее возникающей силой, поскольку такое же удлинение можно наблюдать и на мышце с перерезанным и отпрепарированным концевым сухожилием. Это удлинение мышцы яснее всего доказывает палеокинетический характер совершающегося в ней процесса, поскольку неокинетический спайк, всегда электроотрицательный, во всех случаях дает укорочение мышцы; и только сдвиг потенциала в сторону плюса, доступный биполярному палеокинетическому процессу, способен обусловить ее удлинение.
          Раз речь уже зашла о спинальных рефлексах, нельзя не вспомнить о мнении, еще недавно имевшем многочисленных адептов: всякое сколь угодно сложное координированное движение может быть рассматриваемо как мозаика (или синтез - слово здесь мало меняет суть дела) из рефлексов. Современная неврологическая концепция решительно отмежевывается от подобного атомизма. Для того чтобы получить простые рефлексы, надо не целостное движение разбить на отдельные кусочки, а надо расположить все возможные для человека целостные движения в ряд в порядке их возрастающей сложности, и тогда на том конце ряда, куда мы отнесем наименее сложные, мы найдем и все рефлексы.
          К множеству аргументов, способных подкрепить эт положение, теория координации добавляет один новый, может быть, наиболее сильный. Каждый уровень построе ния отличается от других по качеству и составу определя ющих его афферентаций. Построить одно движение высшего уровня из множества движений низовых уровней, например из рефлексов уровня А, так же невозможно, как невозможно из тысячи осязательных или проприоцептивных ощущений скомбинировать хотя одно зрительное.
          Совсем иное дело - участие элементарных движений или элементов движения, управляемых низовым уровнем, в построении сложного координированного акта, ведущегося на одном из вышележащих уровней. Здесь необходимо установить полную ясность. Нет и не может быть таких *движений*, управляемых каким-либо уровнем, из которых, как из кирпичей, составлялось бы движение более высокого уровня. Но *процессы замыкания* с рецепторики на эффекторику в порядке функционально-проприоцептивного рефлекторного кольца, процесса координационной зашифровки импульсов необходимым образом текут в низовых уровнях при реализации движения более высокого уровня, создавая для него то что может быть названо "черновой техникой" движения, используя те необходимые афферентаций, которые до более высоко расположенных уровней и не доходят, и разгружая эти верхние уровни от вникания в бесчисленные вспомогательные ингредиенты, необходимые каждому движению. Именно в силу этого обстоятельства при определении понятия уровней построения везде говорилось о *ведущих уровнях*, а не о единственных или монопольных по данному движению. Ниже мы увидим на ряде примеров, как явственно вскрывается иногда структурная многослойность того или другого движения; сейчас упомянем только, что ведущий уровень явно распространяет свой контроль на все нижележащие, фоновые уровни, участвующие в данном движении, так что каждый из последних исполняет свою партию в оркестре движения, но уже теряя в какой-то мере свое индивидуальное лицо и звуча только из-под палочки уровня-дирижера.
          Следующую группу процессов, выполняемых рубро-спинальным уровнем, для которых рубральное происхождение точно доказано, составляет то, что называется *субординацией хронаксий*, т.е. центральное регулирование скоростных показателей возбудимости мотонов\*. Это явление было впервые констатировано L. & M. Lapicgue при изучении хронаксий и потому обычно относится только к ней одной; но не знающее исключений правило параллелизма смещений сохраняет свою силу и здесь, т.е. субординационный процесс смещает все характеристики возбудимости и фазового процесса в нервном и мышечном элементе, а равным образом и механические параметры мышцы, характеризующие ее тонус. Субординация имеет в большинстве случаев тормозной, анэлектротонический характер, хотя с несомненностью доказаны и субординационные сдвиги противоположного знака. Необходимо отметить, что в то время, как процесс возбуждения с сопутствующим ему электроотрицательным сдвигом потенциала несомненно един во всей нервной системе высшего позвоночного, явления угнетения или торможения явно очень многообразны по своей физиологической природе.
          Координационное значение субординации указано было уже самими открывшими ее авторами. Поскольку, согласно Lapicgue необходимым условием для синаптической проводимости является изохронизм (хотя бы и очень приблизительный) обоих разделяемых синапсом возбудимых образований - двух невронов или мотоневрона и мышцы, поскольку планомерные смещения хронаксий посредством субординации, способные превращать *изохронизм* в гетерохронизм и обратно в синапсах клеток передних рогов спинного мозга, могут, по выражению Lapicgue, "переводить стрелки" для эффекторного импульса, не давая ему, как правило, затекать одновременно в оба члена антагонистической мышечной пары.
          В настоящее время нет более сомнения, что и мышечный тонус (по крайней мере, в его наиболее типических проявлениях), и субординация, и еще целый ряд явлений, которые будут перечислены ниже, представляют собой даже не разные стороны одного основного явления, а всего лишь разные способы смотреть на одно и то же явление и экспериментально вызывать его.
          Под названием *мышечного тонуса* в настоящее время объединяется так много явлений, что не удивительно, до какой степени это понятие стало в конце концов трудным для определения. К группе явлений, подводимых под этот термин, относится и целиком гуморальный "пратонус", изучавшийся Uexcrull - на низших беспозвоночных и сам переливающийся, как жидкость, по их лучам и конечностям. И тот (очевидно, основной) сложный палеокинетический синтез гуморальноэлектротонических *смещений возбудительных и механических характеристик поперечнополосатой мышцы*, который уже был охарактеризован и выглядит в механическом плане как *работа* (сокращение и расслабление) *поперечнополосатой мышцы по образу и подобию гладкой*. И две разновидности скорее всего именно этого палеокинетического тонуса, настолько резко несходные, что в них нелегко усмотреть явления одного общего генеза: а) *эластический*, повышающийся при кортикальных гемиплегиях, и б) вязкий тонус, нарастающий при поражениях среднего звена экстрапирамидной системы. За упомянутыми видами тонуса следуют более молодые, но все еще явно тонические формации: те *тонические сокращения, которые получила на мышцах* децеребрированной кошки Briscoe (а за ней А.А. Горшков и А.А. Гусева из лаборатории А.А. Ухтомского), действуя на них непрямыми электрическими раздражениями подпороговой частоты и силы. Судя по частотам, применявшимся этими экспериментаторами, тонусу этой разновидности соответствует в электромиограммах частотная полоса между примерно 15 и 30 Гц. Наконец, сюда же приходится отнести те уже прямо переходные формы между тонусом и тетанусом, которые иногда так и называются "*тетаническим тонусом*" и наблюдаются, например, при шейно-туловищных стато-кинетических рефлексах. Называть всю эту массу разнороднейших явлений одним и тем же обозначением "тонус" в настоящее время ничуть не лучше, чем называть, например, все процессы, протекающие в пищевом тракте от верха до низа, одним словом "пищеварение", не подразделяя далее этого понятия.
          Итак, для ясности необходимо, во-первых, выделить изо всей этой пестрой массы по возможности узкую и гомогенную группу явлений, за которой должно быть удержано название тонуса, и, во-вторых, дать этой группе возможно более четкое определение. Мы будем в дальнейшем изложении понимать под мышечным тонусом *палеокинетический модус работы поперечнополосатой мышцы, взятый в его целом*, т.е. включающий в себя не только смещения механических параметров мышцы, но и все сдвиги, неразрывно связанные с этими смещениями согласно правилу параллелизма. С этой точки зрения тонус мышцы есть отнюдь не только наличное состояние упругости и вязкости мышечной ткани и изменения этого состояния, но и вся совокупность явлений *гибкого и пластичного реагирования возбудимости* мышечного массива в условиях работы целостного организма. *Тонус есть текучее состояние подготовленности нервно-мышечной периферии к избирательному принятию эффекторного процесса и к его реализации.* Сюда отходят, таким образом, и самостоятельные тонические сокращения, и расслабления скелетных мышц, и механический фон совокупности коэффициентов упругости и возбудимости, на котором протекают активные неокинетические тетанусы, и, наконец, вся совокупность явлений предварительной установки нервно-мышечной периферии на имеющую прибыть к ней эффекторную импульсацию.
          В частности, единство тонических и субординационных явлений доходит до того, что даже одни и те же способы нанесения раздражения вестибулярному аппарату вызывают как характерные магнусовские сдвиги шейного и туловищного тонуса, так и субординационные смещения хронаксий. Как субординационному "переводу стрелок" в спинальных синапсах сопутствует заодно снижение тонуса антагонистов в соответствии с правилом параллелизма, т.е. реципрокное расслабление, так и обратно, перераспределение тонуса, наблюдаемые при вращениях головы и всякого рода раздражениях вестибулярного (отолитового) аппарата, сопровождаются попутно перераспределением возбудимости мышечного массива и его "готовности" к тетанусам: в тех группах мышц, в которых имеет место повышение тонуса, отмечается и увеличение (всякой, а в частности, электрической) возбудимости.
          Палеокинетические явления в самых различных разделах и этажах центральной нервной системы, имеющие несомненное регуляционное значение и во многих случаях ясно вскрывающие свое родство с управлением возбудимостью и проводимостью нервных образований по отношению к неокинетическим потокам, должны также быть причислены к разделу отправлений анализируемого уровня построения. Так, следует упомянуть об обширных группах явлений, обобщенных Sherrington как центральные состояния возбужденности и угнетения (Central excitatory state и Central inhibitory state сокращенно CES и CIS), характеризующие общее состояние спинного мозга или того или иного из его рефлекторных полей, интересные в том отношении, что сам автор упомянутых терминов, а вслед за ним в последнее время и Fulton, подчеркнули их неоспоримо гуморальный характер. Эта черта гуморализма роднит обсуждаемые состояния опять-таки с палеопроцессом и позволяет видеть в них, может быть, наиболее обобщенные формулировки центрального палеокинетического регуляционного механизма рубро-спинального уровня. Записанные со спинного мозга характерные "медленные потенциалы" (slow potentials) чрезвычайно похожи по всему облику кривых на палеокинетические процессы, записанные осциллографическим путем с их исконных субстратов во внутренних органах.
          Одним из убедительных доказательств того, что центральная нервная система работает для рубро-спинальной палеокинетики не усеченно, а своим полным составом, является факт записи медленных биоэлектрических кривых, вполне аналогичных с вышеупомянутыми, и с коры полушарий. На электроэнцефалограммах коры, записанных синхронно с кривой биоэлектрических потенциалов работающей мышцы, проступают совершенно ясно наложенные одна на другую две различные ритмовые группы. Одна из них, охватывающая частотную полосу примерно от 40 до 80 Гц, бывает часто синхронной "удар в удар" со спайками тетанической цепочки, параллельно записываемой с мышцы; это так называемый (β-ритм). Вторая группа, в которой анализ вскрывает целый спектр различных частот от 6 - 8 до 15 Гц, носит название α-ритма. Палеокинетический характер этой медленной группы вне всяких сомнений, хотя явления здесь сильно осложнены по сравнению с периферией, как это и подобает коре головного мозга.
          Характерными местами возникновения α-волн являются мелкоклеточные поля и слои коры, относящиеся к филогенетически древним структурам(например, зрительная зона area striata), в то время как спайкообразные β-волны генерируются, как правило, филогенетически более новыми крупно клеточными образованиями. В преобладающей части ганглиозные образования, от которых начинаются длинные эффекторные аксоны, крупноклеточны; таковы пятый слой пирамидного поля коры, pallidum эффекторные клетки corporis striati, отдел красного ядра, дающий начало рубро-спинальному тракту Monakow, и т.п. Наоборот, мелкогранулярные структуры характерны преимущественно для непроекционных отделов коры, и не исключено, что преобладающая часть мелких клеток этих полей вовсе не посылает аксонов в белое вещество, входя в качестве составных элементов в древнетипные невропильные образования.
          Следующая группа соображений в пользу палеокинетической природы α-ритмов была высказываема в разных вариантах уже многими авторитетными исследователями (Rohracher, Kornmuller, Adzian, Walsh и др.) и, видимо, начинает приобретать общее признание. Это аргументы, говорящие о тесной связи α-ритмов с гуморальными, метаболическими процессами в ганглиозных образованиях (сравнить с метаболической трактовкой следовых потенциалов в аксоне) и, в частности, с процессами ассимиляции и ресинтеза. Об этом говорит поведение β-ритмов как "токов покоя", наиболее четко выявляющихся при полном эмоциональном спокойствии и бездеятельности испытуемого, изолированного от внешних раздражений, и немедленно исчезающих с возобновлением активности мозга. В то же время α-волны не являются выразителями чистого базального обмена, поскольку они, как правило, исчезают во время сна. Связь их с состоянием покоя и недеятельности, с одной стороны, с другой же - то обстоятельство, что в бодрственном состоянии их не удается подавить более чем на несколько десятков секунд, после чего они прорываются вновь с такой же неукоснительностью, как задержанное дыхание, свидетельствует с наибольшей вероятностью именно о их ассимилятивной роли. Во сне их нет именно потому, что при отсутствии диссимиляции нет необходимости в ассимиляции\*.
          Еще одно явление, нередко явственно выступающее на электроэнцефалограммах, уже совсем отчетливо говорит о регуляционном и именно электротоническом характере влияния палеокинетического α-процесса на тетанические β-спайки. На очень многих электроэнцефалографических записях можно видеть, что всякий раз, как медленная волна α-ритма поднимается кверху, в область электроотрицательных (катэлектротонических) потенциалов, амплитуды нанизанных на нее β-спайков увеличиваются; наоборот, в углублениях медленной α-кривой, т.е. в ее анэлектротонических фазах, р-спайки становятся мельче или даже исчезают вовсе (М.Н. Ливанов). Трудно было бы придумать более выразительную и наглядную иллюстрацию сосуществования палео- и неопроцессов и электротонического регуляционного влияния первого на второй. Анэлектротонические долины могут достигать такой глубины, что она вызывает полное тормозное блокирование "спайкового" процесса на все то время, пока эти долины длятся. Такое явление было действительно обнаружено на спинному мозгу в 1935 г. Barron и Matthews и приписано ими действию некоего "интермиттирующего фактора" (intermittent factor); это дало палеорегуляционному процессу еще одно, (п+1)-е имя, в чем он вряд ли так уж остро нуждался.
          Фундаментальным процессом, определяющим собой координационную функцию рубро-спинального уровня, является, конечно, процесс осуществления сензорных коррекций, приходящихся на его долю. Как уже было показано в гл.II, напряжение мышцы есть величина, определяющаяся уравнением с двумя неизвестными; оно зависит: 1) от физиологического состояния мышцы (того, что можно назвать механической мерой ее возбуждения) и 2) от ее наличной длины (и еще скорости деформации). Текущее значение второй переменной, непосредственно не подвластной центральной нервной системе, сигнализируется ей через проприоафферентацию: и задача центральной нервной системы - подставить в уравнение такое значение первой переменной, т.е. так оформить возбудительный процесс в мышце, чтобы результирующее решение уравнения дало величину механического усилия, как раз требуемую по условиям движения. Это и есть то, что уровень А делает непрерывно, от миллисекунды к миллисекунде; и мы знаем теперь, как именно он это делает. Он не добавляет к неокинетическому процессу, текущему транзитом через его эффекторный субстрат, ни одного лишнего спайка, но все время дозирует элсктротоническим путем эти тетанические гребешки, что, кстати сказать, он может делать трояко. Во-первых, он может непосредственно *воздействовать на амплитуды* спайков этих гребешков, создавая для них ту или другую электротоническую подкладку; во-вторых, может создавать в том или ином процентре мотонов *временную синоптическую непроводимость* - либо посредством гетерохронизма, либо путем включения "интермиттирующего фактора"; наконец, в-третьих, может еще непосредственно и очень гибко регулировать механическую сторону *мышечного тонуса*\*.
          Очень важно указать, что красное ядро является оконечным эффектором, - так сказать, последним каскадом, - экстрапирамидной эффекторной системы, от которого начинается конечный общий путь всей этой системы, спускающийся к клеткам передних рогов, - рубро-спинальный тракт Моnакоw. Нервный процесс, нисходящий по этому тракту и возникающий в образованиях экстрапирамидной системы, striatum и pallidum, разумеется, есть неокинетический, тетанический процесс, и красное ядро должно обладать предпосылками к его передаче, даже если бы само оно в норме могло издавать только палеокинетические звучания. Очень вероятной предпосылкой такого рода является наличие в его составе крупноклеточного каудального ядра, от которого и начинается преобладающая часть аксонов монаковского тракта; в составе включенного параллельно с ним ядра substantia nigra также имеется крупноклеточная часть, архитектонически близкая к pallidum и связанная с центробежными проекционными путями. Но, кроме этого, функционально и сам уровень А, по крайней мере в патологических случаях, несомненно, в состоянии генерировать неокинетический процесс, хотя бы в явлении "тремора покоя", о котором речь будет идти ниже.
          Вряд ли можно уверенно найти у здорово человека хотя одно *самостоятельное движение*, возглавляемое уровнем палеокинетических регуляций как ведущим. Наиболее чистые случаи самостоятельных выступлений этого уровня, когда в силу его роли, в принципе несомненно фоновой, он все же выдвигается на передние планы, - это, во-первых, непроизвольные дрожательные движения: дрожь от холода, стучание зубами от страха, вздрагивание и т.п., а в области произвольной моторики - *быстрые ритмические вибрационные движения* по механизму "рефлекторного кольца"; во-вторых, движения, связанные с принятием и удержанием определенной позы. К первым относятся, почти несомненно, быстрейшие фортепианные "vibrato" со скоростью 7 - 8 ударов в секунду, в тех случаях, когда они протекают по типу вынужденно колебательных движений пальцевые вибрации левой руки у скрипачей и виолончелистов; может быть, быстрые автоматизированные просупинации обмахивания веером и т.п. Вторая группа яснее всего наблюдаема тогда, когда уровень А оказывается в ведущей роли в одной из фаз сложного цепного двигательного акта: например, в полетной фазе прыжка в воду и т.п.
          Зато реализуемые этим уровнем *технические фоны* настолько многообразны, что невозможно представить себе ни одного двигательного акта вышележащих уровней, который не был насыщен ими в виде как симультанных, так и сукцессивных составляющих. Основной фон, обеспечивающий возможность какого бы то ни было движения, есть *фон гибко реактивного тонуса* всего мышечного массива тела, - тот самый фон, нарушение которого при очаговых поражениях этого уровня дает так называемый амиостатический (нарушающий мышечную статику) симптомокомплекс. Уже очень многие авторы подчеркивали, что тонус скелетной мускулатуры чрезвычайно подвижен, реактивен и приспособителен и представляет собой фон как самый глубинный и основной для перспективы всей картины, так и самый древний по филогенезу. Интересно, что в исполнение этой роли "фона всех фонов" палеокинетический процесс рубро-спинального уровня принес с собой с палеотерритории еще одно характерное свойство, оживающее перед нами в моторике низших беспозвоночных: статокинетическую, формоприспособительную функцию. Всего же курьезнее то, что если высшее млекопитающее (это особенно ярко заметно, например, на хищных кошачьих) когда-нибудь и в чем-нибудь бывает похоже своей моторикой на бесскелетных беспозвоночных, то это именно в области шейно-туловищных тонических рубро-спинальных движений позвоночника.
          *Статические* компоненты из рубро-спинального уровня обнаруживаются еще в *хваточных* позах. Здесь подразумевается не схватывание (выполняемое более высокими уровнями), а держание, как простое, так и квалифицированное держание инструмента, рукояти, обрабатываемого предмета и т.п. В этих тонически поддерживаемых позах очень ярко проступает снова формоприспособительная, пластическая (в кинематическом смысле слова) функция этого уровня; к ней относится, например, отмеченный Bethe принцип пластического сопряжения (Princip der gleitenden Kopplung) пальцев руки, которому он старался подражать в своих кистевых протезах.
          *Кинетические* фоновые слагающие этого уровня проявляются в целом ряде ритмических произвольных движений высших уровней, сказываясь в виде примеси к ним типа вынужденных колебаний. Они хорошо выражены в движении руки с молотком при ритмическом процессе рубки зубилом, в движениях крыла птицы при полете (как это вытекает из анализа записей Е. Маrеy), движениях рук и ног при локомоциях и т.д. Быстрая сходимость рядов Fourier, интерпретирующих живые ритмические движения, есть, по-видимому, очень надежный признак наличия в данном движении кинетических компонент из этого уровня. Если в быстрое ритмическое движение вовлечена несложная кинематическая цепь, например одна только кисть руки (катание пилюль у паркинсоников) или только просупинационная система (обмахивание веером), то движения, управляемые этим уровнем, представляют собой почти чистые синусоиды.
          *Патологические* нарушения работы рубро-спинального уровня проявляются прежде всего в расстройствах по линии тонуса - дистониях\*.
          Общеизвестное явление децеребральной ребрационной ригидности, возникающее у млекопитающих при перерезке мозгового ствола ниже уровня красных ядер и сводящееся к исчезновению функциональной субординации и к застыванию тонуса мышц на некоей стационарной формуле (различной у разных видов животных), обусловливается выпадением функций именно этого уровня. У человека, как уже сказано, дисфункция уровня А дает амиостатический симптомокомплекс; в тяжелых случаях она может давать явления резкой общей гипертонии, каталепсии, "восковой гибкости" (flexilibitas cerea). Дрожательный паралич Parkinson есть сводка целого ряда явлений нарушения в описываемом уровне, по преимуществу явлений *гипердинамии* в связи с утратой регуляции сверху. Расстройства распределения и приспособительной реактивности мышечного тонуса очень часто сопровождают нарушения в других, выше лежащих уровнях, но всегда свидетельствуют о втягивании в болезненный процесс ребро-спинального уровня - абсолютного монополиста по тонусу во всей центральной нервной системе. Здесь могут иметь место как гипо-, так и гипертонические синдромы, и всего чаще синдромы не столько количественного сдвига тонуса в ту или другую сторону, сколько нарушений его рефлекторной, приспособительной регуляции. Атаксия при спинной сухотке захватывает более высокий уровень построения С (см. ниже), но всегда сопровождается явлениями расстройства тонуса - гипотонии, идущими из описываемого уровня.
          Следующим характерным проявлением дисфункции уровня А являются треморы, а именно обе наиболее типические разновидности треморов, фигурирующих в семиотике нервных болезней. Показателем *гиперфункции* эффекторов уровня А является упоминавшийся уже *тремор покоя* - неотъемлемая часть паркинсонизма, частый, но неторопливый (8-10 Гц, α-ритм, любопытным образом совпадающий с α-ритмом Бергера), ритмичный, монотонный, запечатлевающийся на циклографических снимках в виде идеально правильной синусоиды. Этот тремор может постигать и голову, и дистальные звенья всех конечностей. Во время выполнения произвольных движений он либо скрадывается, стушевывается на их фоне, либо же и в самом деле затихает\*.
          Гипофункция рубро-спинального уровня проявляется в виде значительно более интересного феномена интенционного тремора. Во время покоя больного тремор этот в противоположность предыдущей форме отсутствует; недостаточно больному начать какое-либо движение или даже только намереваться начать его (intentio - намерение), как тотчас же пораженная конечность впадает в состояние неправильных, суетливых, непослушных колебаний. Чем больше старается пациент затормозить свой тремор, тем сильнее он разгорается.
          Суть интенционного тремора, легко понятная в свете излагаемой здесь теории координации, в нарушении или полном выпадении функции реципрокной иннервации и денервации антагонистов. Если в норме эффекторный импульс, направившийся в мышцу Р, тем самым автоматически отключает ее антагониста, мышцу Q, создавая гетерохронические условия на синапсах ее мононевронов, то при выпадении механизма реципрокности эффекторный процесс затекает в оба антагониста разом; затекает, разумеется, дезорганизованно, без какой-либо взаимной дозировки, вызывая этим борьбу между обоими, проявляющуюся в виде колебательных бросков конечности то в одну, то в другую сторону. Так же, как и ранее упоминавшийся симптом гипофункции уровня А - гипотония, - описываемый интенционный тремор, как правило, сопровождает атаксию, связанную с поражением уровня С; каждый невропатолог знает, как сильно он затрудняет при этом последнем синдроме выполнение пальце-носовой или пяточно-коленной пробы.

### Глава четвертая. СУБКОРТИКАЛЬНЫЕ УРОВНИ ПОСТРОЕНИЯ

**Уровень синергии и штампов****\*** **или таламо-паллидарный уровень В**
          Следующий кверху по иерархическому порядку уровень построения есть уровень синергии и штампов, иначе - таламо-паллидарный уровень, обозначаемый нами буквой В. Он не является строго следующим за уровнем А по хронологическому порядку филогенеза - это доказывается хотя бы уже тем, что уровень палеокинетических регуляций с самого начала имел, очевидно, что регулировать в виде какого-то неокинетического потока, транзитом протекающего через его субстраты, и у высших позвоночных как раз доставляемого palhdum. Таким образом, с одной стороны, субстраты уровня А у высших позвоночных филогенетически новее, нежели субстраты уровня синергии, поскольку древнейшие отправления уровня А сравнительно недавно обрели себе новое анатомическое обиталище в виде группы красного ядра и hypothalami, переключившись туда из глубин спинного мозга. С другой же стороны, отправления уровня синергии В филогенетически более новы. Это проявляется, во-первых, в том, что этот уровень позднее, чем А, достигает в филогенезе кульминационных точек своего развития; во-вторых, в том, что уровень В есть, так или иначе, первый во всем филогенезе настоящий неокинетический уровень, реализующий эффекторику посредством тетанических, спайковых процессов; наконец, в-третьих, в том, что самый принцип его работы новее, чем тот, который характеризует функцию уровня А. Если уровень А есть в наибольшей мере уровень моторики туловища и его сегментов, то уровень В есть уровень тела - *локомоторной мышцы*, оснащенной четырьмя конечностями-движителями.
          Уровень синергии есть первый в филогенезе действительно централизующий, возглавляющий на одной из ступеней развития всю соматическую моторику. Его субстрат - древнейший в морфогенезе позвоночных настоящий головной, центральный мозг, а не только головной отрезок спинного мозга, как субстрат уровня А. Уровень синергии осуществляет интеграции выполняемых им процессов, чрезвычайно обширные по охвату мускулатуры; он рожден спросом на целостные локомоторные движения, хотя по ходу прогрессивной энцефализации управление ими в дальнейшем ушло от него кверху. В отношении огромных синергетических хоров, которыми он в состоянии дирижировать, этот уровень представляет собой некоторую вершину, после которой эволюция делает в известном смысле шаг назад: следующий кверху и заведомо более новый уровень С несравненно скупее и сдержаннее описываемого по части симультанно включаемых в движение конечностей и мышечных групп.
          *Анатомический субстрат* уровня синергии у высших млекопитающих и человека - две пары самых крупных в головном мозгу подкорковых ядре: зрительные бугры (thalami optici) в качестве афферентационных центров и бледные тела (globi pallidi, pallida) в качестве эффекторных. В зрительные бугры сходятся вторые, считая от периферии тела, невроны всей проприоцептивной тангорецепторики. Сензорные пути телерецепторов обоняния, слуха и зрения ни в древнем, ни в новом филогенезе не имели прямого отношения к этому образованию.
          *Thalamus opticus* - древнейший и когда-то, до развития коры большого мозга, высший центр всей тангорецепторики, являющийся и до настоящего времени "центральной переработочной мастерской чувственных впечатлений" (выражение Monakow.) Между зрительным бугром и pallidum имеются очень богато представленные двусторонние проводниковые связи. Pallidum есть чистый эффектор очень гомогенного микроскопического строения (см. гл. VII), являющийся средним этажом экстрапирамидной эффекторной системы. Ему иерархически подчинен нижний этаж этой системы - уже рассмотренная выше группа красного ядра; сам он подчинен другому большому подкорковому эффектору - полосатому телу (corpus striatum - образование, слагающееся из ядер nucleus caudatus и putamen). Центробежные пути из pallidum все оканчиваются в пределах группы красного ядра и не имеют собственных выходов к клеткам передних рогов спинного мозга.
          Характеристическая *ведущая афферентация* таламо-паллидарного уровня есть, как и для предыдущего уровня, по преимуществу проприорецепторика, но уже содержащая совершенно другие компоненты и имеющая иной стиль, нежели проприорецепторика уровня А. Во-первых, судя по характерным для уровня В движениям, здесь преобладает новая, суставно-угловая, геометрическая проприорецепторика скоростей и положений, к которой присоединяется еще обширный комплекс общей экстероцептивной чувствительности как протопатической (рецепции давления, глубинного осязания), так и эпикритической (дифференцированные осязательные рецепции прикосновения, трения, болевая, вибрационная и температурная чувствительность, с присущим этим рецепциям точными "местными знаками"). Во-вторых, все эти рецепции, как чисто проприоцептивные, так и восполняющие их экстероцептивные осязательные, ведут в этом уровне построение, зашифровку и коррекцию движения, уже подвергшись предварительно значительной центральной переработке и синтезу, намного более сложному и дифференцированному, чем примитивный синтез рубро-спинального уровня. Ощутимых связей с вестибулярной системой у описываемого уровня не имеется.
          Если какой-нибудь из сензорных синтезов, управляющих координацией различных уровней центральной нервной системы у человека, можно с полным правом назвать проприоцептивным, то это именно рассматриваемый синтез таламо-паллидарного уровня. Если обобщить всю характерную для описываемого уровня афферентацию, то это окажется *афферентация собственного тела*, проприорецепторика par excellence. Тело в этом уровне построения есть и исходная система координат, к которой соотносятся рецепции и движения, и конечная цель этих рецепций и движений. Объединяясь вместе, обрастая попутно местными знаками и обобщаясь по какой-то единой для всех сигналов системе координат собственного тела, все эти бесчисленные тактильные и проприоцептивные рецепции срастаются в исключительно полную и обстоятельную информацию об его двигательном аппарате. Это налагает характерный отпечаток и на движения, выполняемые этим уровнем: это обычно движения всего тела, лишь с ним одним связанные, безотносительные к чему-либо, находящемуся вовне; движения как самоцели, корригируемые основным образом лишь по линиям своей внутренней гармонии и организованности. Они заслуживали бы по аналогии с наименованием корригирующего их сензорного синтеза названия проприомоторных отправлений и реакций. Зато при указанных ограничениях эти проприомоторные двигательные проявления достигают очень высокого развития и дифференциации. К ним применялось много различных названий: двигательные формулы, синергии, узоры или штампы (patterns), низшие автоматизмы и т.д.
          За таламо-паллидарной системой, уже довольно давно и хорошо изученной, числятся *три важнейших координационных качества*, отличающие ее от других кинетических систем человеческого организма.
          Первое из них есть приспособленность уровня В *к обширным мышечным синергиям*, т.е. способность вести высокослаженные движения всего тела, вовлекающие в согласованную работу многие десятки мышц. Очаговые поражения этой системы, как thalamus, так и pallidum, влекут за собой характерные диссинергии, т.е. выпадения подобных ансамблевых движений, с суррогатной, викарной заменой их скованными, принужденными, неловкими движениями, наблюдаемыми, например, у паркинсоников. Было вполне естественным с классической точки зрения делать ответственным как за эти синергии в норме, так и за их выпадения в патологических случаях pallidum как основной эффектор системы. Именно в нем, то в его цито-архитектонике, то в его проводящих путях, то даже в особенностях его биохимизма, пытались искать объяснения подобной таинственной способности, недоступной больше ни одному из эффекторов центральной нервной системы. И только излагаемая в этой книге теория координации как процесса, целиком базирующегося на принципе сензорных коррекций, повернула вопрос на 180 и устремила решающее внимание не на эффектор системы pallidum, а на ее афферентацию, и тогда очень многое стало ясным. Очевидно, pallidum способен легко, стройно и плавно вести сложные синергии обширных кинематических цепей прежде всего потому, что больше ни один эффектор нашего тела ни из вышележащих, ни из низовых этажей мозга не имеет и не может иметь такой полной и обстоятельной и притом в такой же мере из первых рук полученной информации о положениях и движениях собственного тела, как та, которую pallidum получает от системы зрительного бугра. Его координации "проприомоторны" по своему характеру и смыслу именно потому, что их ведет и корригирует главное проприоцептивное ядро центральной нервной системы, совершенно оторванное у высших млекопитающих и человека от дистантных рецепторов, но зато централизующее в себе все то, что связано с собственным телом и его контактными ощущениями.
          В гл. II уже было указано, что непослушность и трудная управляемость кинематических цепей бурно возрастает с увеличением количества степеней свободы цепи, т.е., в частности, с увеличением числа входящих в нее сочленений, вследствие того что при этом очень интенсивно возрастают и усложняются реактивные силы, сбивающие движение цепи. Имея в своем распоряжении быструю (с минимальным числом синаптических задержек) и полную афферентную сигнализацию обо всех динамических явлениях на периферии тела, таламо-паллидарный уровень имеет все возможности к своевременному парированию этих сил и к превращению кинетической цепи в управляемую систему. Огромные осложнения, привносимые реактивными силами во всякое движение, позволяют высказать в виде общего утверждения, что трудно не управление зараз тридцатью мышцами, а трудно управление зараз тремя сочленениями одной цепи. Понятно, что уровень синергии, всегда будучи в состоянии на ходу решать более трудную часть задачи - преодоление реактивных сил и симультанное управление многозвенными маятниками конечностей, попутно уже с легкостью разрешает и более простую часть той же задачи - управление десятками протагонистов, антагонистов и синергетов.
          Второе координационное качество, характеризующее стиль работы уровня В, есть способность столь же стройно и *налаженно вести движение во времени*, обеспечивать правильные чередования, например, перекрестные чередования движений всех конечностей при локомоциях, объединять в общем ритме, соблюдаемом с точностью до миллисекунд, движения многозвенных маятников конечностей, имеющих очень многообразные и сложные спектры . собственных частот колебаний, и т.д. Это качество стоит, очевидно, в самом тесном родстве с первым. Следует добавить только, что и смысловая сторона движений уровня В направленных на собственное тело и безотносительных к внешнему миру, и естественно напрашивающаяся для них (в силу строения наших конечностей) периодическая, повторительная форма приводят к заметной склонности уровня синергии к ритмическим, качательным, повторным движениям с очень разнообразными и сложными, но точно воспроизводимыми от раза к разу ритмовыми узорами. Вполне естественно, что среди движений, направленных на достижение какой-либо внешней цели (определенной точки внешнего пространства, прикосновения к внешнему объекту и т.д.) будет гораздо больший процент таких, в которых по достижении цели концевое реле центральной нервной системы срабатывает на остановку, нежели среди самодовлеющих движений, связанных только с собственным телом. Здесь, наоборот, за отсутствием смыслового, внешнего конца и при наличии множества кинематических и эластических предрасположений к возвратным движениям очень легко могут появляться замыкания концевых реле на обратный ход. И в области ритмического построения описываемый уровень обладает высокорасчлененной и совершенной техникой, превосходя в этом отношении все другие уровни построения.
          Сказанное выше о концевых переключениях должно, как нам кажется, уяснить вопрос о природе ритмических и циклических движений вообще. Очевидно, ни один какой-либо уровень построения не может иметь основания к монополизму по части ритмических и циклических движений, и ни одно движение (за исключением, может быть, только элементарнейших треморов и вынужденных упругих колебаний из уровня А) не обладает обязательной, имманентной цикличностью, свойственной самому его моторному существу. Цикличность может встречаться и встречается в действительности на каждом из уровней, ритмичность - тоже, и решение альтернативы, потечет ли движение по пути возвратов и повторений или исчерпается как однократное, *зависит не от его двигательной структуры, а только от его смыслового содержания*: в одних движениях преобладают мотивы к однократности, в других - к повторительности. Другое дело, что в разных уровнях и повторительные реле срабатывают по-разному, и ритмико-циклические качества в них получаются различными.
          Каждый уровень оформляет движения в своем особом ладу и тональности.
          При выполнении фоновых компонент для движений вышележащих уровней уровень синергии точно так же большей частью берет на себя ритмические последования. Более того: он каким-то не вполне понятным путем создает и вносит внутренний, проприомоторный ритм в движения вышележащего уровня, ни смысловая задача которых, ни создаваемые ими сигнальные или пусковые афферентации не содержат в себе никаких предпосылок к ритму и повторности: например, в локомоции как перемещения всего тела к какой-то более или менее отдаленной пространственной цели. При некоторых формах поражений уровня синергии этот механизм перешифровки задачи непериодического перемещения в форму ритмического шагания оказывается нарушенным, и тогда получаются своеобразные случаи, когда пациент не в состоянии ступить ни одного шага по гладкому полу, но быстро и бойко шагает по лестнице, зрительное восприятие ступенек которой викарно замещает ему утерянный внутренний механизм, ритмизирующий внешнее апериодическое пространство.
          Наконец, третье свойство рассматриваемого уровня, заслуживающее упоминания, - это очень ярко бросающаяся в глаза наклонность его к штампам, к чеканной повторяемости движений, все равно, ритмических или однократных, но похожих друг на друга, как две монеты. И это хорошо известное неврологам свойство пытались объяснять какими-то особыми (впрочем, еще вполне гипотетичными) качествами pallidum как эффектора, тогда как фактически и здесь дело обстоит совершенно иначе.
          Прежде всего необходимо напомнить, что внешние, а особенно реактивные силы при циклических движениях отнюдь не повторяются стереотипно от разу к разу. Наоборот, поскольку единый ритм вынужденного повторительного движения многозвенного маятника конечности необходимым образом не совпадает с большинством разнообразных собственных частот его составных элементов, постольку реактивные силы обязательно будут создавать с экзогенной частотой, сообщаемой звеньям через мышцы, очень сложные и изменчивые динамические интерференции. А это значит, что движения подобного многозвенного маятника смогут быть одинаковыми от раза к разу только в том случае, если активные мышечные динамические добавки будут приспособительно заметно отличаться друг от друга в последовательных циклах. Уровню синергии нужно все богатство и совершенство его таламических афферентаций, чтобы гибко лавировать между всеми этими реактивными силами и превращать их динамическую неурядицу в штампованный узор. Не будучи достаточно привычными к механике, невропатологи и не подозревают той огромной черновой работы, которая выпадает при этом на долю уровня В и молча, терпеливо выполняется им в субкортикальных трюмах мозга. Таким образом, менее всего приходится представлять себе pallidum в виде какого-то склада клише, которое он включает по требованию, точно очередные патефонные пластинки. Его движения только потому и могут быть столь стереотипными, что он сам совсем не стереотипен.
          Действительные причины склонности уровня синергии к штампам вскрываются при более глубоком анализе физиологических и биодинамических закономерностей его движений. Откладывая детальный анализ этого вопроса до гл. VIII, заметим пока, что по ходу выработки двигательного навыка совершается, как правило, ряд значительных качественных изменений в самых принципах управления осваиваемым движением. Для большинства крупных, глобальных движений, к которым преимущественно принадлежат отправления описываемого уровня, а также для быстрых ритмических или однократных движений со значительными амплитудами возникающих при них инерционных сил могут быть найдены такие формы, при которых каждое отклонение движения от правильной траектории вызывает появление реактивных сил, стремящихся вернуть звено на его прежний путь. Если организму удается найти такие структуры движения, которые в какой-то мере удовлетворяют этому определению так называемых динамически устойчивых движений\*, то ему уже не только не приходится активно парировать сбивающие реактивные силы фазическими тетаническими залпами (как на более ранних стадиях выработки навыка), но, наоборот, он обретает возможность прямо использовать их к своей всесторонней выгоде. Как показывают точные циклограмметрические анализы, это приводит к двум результатам. Прежде всего, снятие активных усилий, затрачивавшихся на гашение реактивностей, уже само по себе создает заметную экономию как чисто энергетическую, так и инерционную, поскольку движение в соответствующих своих отрезках начинает течь само собой, не нуждаясь более в пристальном контроле и коррекции. А затем подобные динамически устойчивые формы - это, очевидно, формы, наиболее согласующиеся со строением кинематических цепей тела, а потому и наиболее экономичные сами по себе. Действительно, достижение такой стадии развития сопровождается одновременно и уменьшением количества силовых волн в циклограмметрических динамических кривых, и заметным снижением их амплитуд, т.е. существенным увеличением коэффициента полезного действия.
          Ясно, что для каждой данной двигательной задачи не может существовать много подобных решений. Их, действительно, имеется либо по одному-единственному, либо, в лучшем случае, единицы на каждую задачу. По понятным причинам движения, близкие по форме к динамически устойчивым, но сами не являющиеся таковыми, будут насильственно загоняемы реактивными силами в траектории устойчивых движений. Это делает динамически устойчивые решения дискретными, разделенными между собой полями неустойчивых саморазрушающих форм, к тому же, вследствие своей трудной повторяемости, мало доступных заучиванию. Таким путем создается дивергенция устойчивых форм или стилей движения как при сознательной тренировке взрослых, так и при развитии у ребенка, например, ходьбы и бега, вначале взаимно неотличимых. Выработка и закрепление таких динамически устойчивых форм движений, автоматически отливающихся в небольшое разнообразие дискретных штампов, и приводят к образованию стойких рисунков или формул движения, характерных для талам-паллидарного уровня. Суть дела здесь не в эффскторных стереотипах, в которых раньше усматривалась разгадка паллидарных штампов и внутренняя противоречивость которых вскрыта выше. Действительная причина в том, что для огромных, сложных и гармоничных синергии, какими являются, в частности, локомоции, возможны и выполнимы лишь крайне немногие двигательные решения задачи об увязке между собой фактической внешней цели движения, кинетической структуры двигательного аппарата и возникающей из их столкновения реактивной динамики.
          При всем исключительном совершенстве афферентаций и богатстве координационных возможностей уровня синергий он сохранил у человека очень мало самостоятельных, ведущихся на нем движений. На первом месте среди них следует поставить "триаду": движения выразительной мимики, пантомимы и пластики, т.е. совокупность не символических, а непосредственно эмоциональных движений лица, конечностей и всего тела. В очень большой мере сюда относятся, далее, движения хореографические - не столько западного, локомоторного, сколько восточного, пластического танца. В целом двигательный акт танца строится выше рассматриваемого уровня, как и все вообще движения с экзогенным ритмом. Уровень синергии при его бедных связях с телерецепторикой не приспособлен к использованию ни зрительного, ни слухового контроля и управления.
          Почти не выходя за пределы характеризуемого уровня, протекают многие из движений *вольной бесснарядовой гимнастики*: наклоны корпуса, изгибы, откидывания тела, разнообразные пластико-ритмические движения. Наконец, сюда же отойдет группа полунепроизвольных движений - потягивания всем телом, расправления членов, движений ласкания (объятия, поцелуи и т.д.), привычных монотонно-машинальных движений и т.п. Все движения этого рода плавны, гармоничны, обладают грацией даже у неграциозных людей. Если они ритмичны и повторны, то уже не по примитивной формуле синусоиды (как в уровне Л), а по более замысловатым и разнообразным штампам.
          Процентное содержание самостоятельных движений этого уровня значительно выше в моторном инвентаре малых грудных детей, о чем будет речь в гл. VII. Из них заслуживает упоминания предшествующий развитию ходьбы билатеральный чередовательный рефлекс "шагания" (stepping) - ритмических дрыганий ножками при лежании на спине, свидетельствующий о принадлежности к уровню синергии у человека важнейших фонов ходьбы, еще у хищных млекопитающих локализующихся не выше спинного мозга.
          Для уяснения причин такой неожиданной бедности контингентов самостоятельных движений, ведущихся на уровне В у человека, необходимо указать, чего не хватает этому уровню для возможности самостоятельного выполнения большего количества движений. Как мы видели, слабая сторона уровня синергии заключается отнюдь не в однообразии или примитивности доступных ему движений: наоборот, это есть уровень "владения своим телом", способный находить и осуществлять огромное количество сложных рисунков движения, разнообразных и по конфигурации и по ритму и обладающих недосягаемой для других уровней степенью слаженности. Далее, именно этот уровень благодаря своей особенно интимной и разносторонней связи с проприцептивной афферентацией больше всех других приспособлен к обузданию реактивных сил и к созданию экономичных траекторий "динамически устойчивого" типа. Очень возможно, что и на обширнейшие синергии мышц он отваживается именно поэтому. Реальность синергии pallidi не в том, конечно, что он, как думают иные неврологи, умеет посылать какие-то особо сложные и искусные эффекторные импульсы, а в том, что его совершенно исключительная афферентация обеспечивает безукоризненную управляемость периферии. *Слабость уровня синергий не в качестве или недостаточном богатстве его афферентаций, а в их односторонности.* Ему не хватает дистантных рецепторов и их синтеза, ведущего к овладению внешним пространством. Его система координат привязана не к окружающему эвклидову пространству - обширному, несдвигаемому и апериодическому, - а к собственному телу. Это уровень слишком интравертирован. Он не годится ни в штурманы, ни в пилоты движения; он - его призванный бортмеханик.
          *Фоновая роль уровня синергии* огромна и не уступает по своему значению роли уровня А. Будучи не в состоянии из-за отрыва от телерецепторов и слабости связей с вестибулярной системой и мозжечком вести много самостоятельных движений, уровень синергии с готовностью берет на себя всю внутреннюю черновую технику сложного движения, если другой вышележащий и более экстравертированный уровень обеспечивает его приспособление к внешнему миру и внешним предметам. Таким путем уровень В обеспечивает всю внутреннюю координационную подкладку локомоторных движений - ходьбы, бега и т.д., полностью оформляя всю кинетику этих гигантских синергии, но, так сказать, в отвлеченном виде, вне конкретной обстановки. Ходьба должна совершаться куда-то, по какой-то поверхности, мимо каких-то препятствий, по неровностям, ступенькам, поворотам и т.п.; все это - вещи и мотивы, недоступные афферентации данного уровня. Именно поэтому поражения stnati влекут за собой распад ходьбы, хотя вся ее мышечная динамика реализуется таламо-паллидарной системой: выключение stnati лишает ходьбу необходимого ей пилотажа, обрекая ее на холостой ход. Зато при интактности следующего кверху уровня пространственного поля С штампы и синергии разбираемого уровня обеспечивают протекание всевозможных движений уровня С: локомоций, перемещений и переносов, баллистических движений, метких подражательных и многих иных движений, о чем речь будет в следующей главе.
          Вряд ли без фонового участия уровня синергии были бы мыслимы и многочисленные целевые двигательные акты, относящиеся к уровням выше С. Уровень синергии может участвовать в этих сложных движениях двояко: 1) или он уже упомянутым образом подкрепляет локомоцию в уровне С, а она в свою очередь обеспечивает технический фон для движения более высокого уровня построения - игры в теннис или футбол, работа сцепщика поездов или сталепрокатчика, движений военной атаки и т.п.) или же он непосредственно создает те или иные фоновые компоненты для одного из высших уровней. Очень выразительным примером этого варианта взаимоотношений может послужить скоропись, т.е. автоматизированное письмо, более детальный анализ которого будет помещен ниже (см. гл. VIII). В этом акте очень ярко видны два одновременно работающих и в равной мере необходимых уровня (фактически в акте письма их больше) один из которых является ведущим, другой - техническим и подчиненным.
           Выпадение уровня В дает симптомокомплекс паркинсонизма, складывающийся из выключения отправлений самого уровня синергии и из снятия его контроля над уровнем А, впадающим вследствие этого в состояние перевозбуждения (гипердинамии). При этом синдроме исчезают или резко убывают все те моторные проявления, которые представляют собой и самостоятельные, и фоновые двигательные отправления уровня В. За счет выпадения "триады" получается амимия, скованность позы, скудость жестов, отсутствие выразительных движений; подтверждая теоретические воззрения James и Lange, беднеет в связи с этим и субъективная эмоциональная жизнь больного. Резко уменьшается количество автоматизмов. Выпадение фоновых синергии дает себя знать в деавтоматизации как ходьбы, так и всевозможных предметных навыков: исчезновение упоминавшихся уже специфических для этого уровня механизмов ритмизирующей перешифровки в свою очередь разрушает многие автоматизированные акты и, кроме того, способствует развитию персевераций, о которых будет сказано дальше. Растормаживание нижележащего уровня А приводит при этом к развитию общей ригидной гипертонии и треморов покоя.
          Для каждого уровня построения, как это будет подробнее показано в гл. IX, характерны свои особые виды *персеверации*, т.е. невозможности по произволу прекратить раз начатое движение или ритмический процесс, изменить принятую позу и т.д. На уровне А такие персеверации обнаруживают себя в виде восковой, каталептоидной гибкости, застывания позы и т.д. На уровне синергии персеверации характернее всего проявляются в виде ослабления пусковых и останавливающих механизмов - тех самых начальных и концевых "реле", о которых выше уже была речь. В результате получается резкий паралич инициативы: затруднительность начать идти, не меньшая трудность остановиться, если уже пошел, и т.д. Если такого больного толкнуть назад или вбок, он пойдет задом или боком, испытывая большие затруднения, чтобы остановиться (так называемая ретропульсия и латеропульсия).
          Патологическая гиперфункция уровня синергии сказывается в возникновении разнообразных гиперкинезов, избыточных синергии и синкинезий (под последними мы будем подразумевать совместные движения бесполезного, патологического характера). На первый план проступают непроизвольные рудиментарные движения, например, совокупность движений так называемого атетозного синдрома Foerster: фиксации, обхватывающие движения, хваточно-держательные жесты, реактивно-выразительные движения без цели и смысла, движения типа ползания и лазания. Вся совокупность нарушений этой группы заслуживает названия *гиперкинетической диссинергии*.
          Возникающая в результате тех или иных растормаживающих болезненных процессов гиперфункция уровня В как бы распахивает двери филогенетического зверинца, глубоко затаенного в норме. И тогда из глубин моторики вылезают уродливые, гротескные фоны без фигур и передних планов, без смысла и адекватности: всяческие торзионные спазмы, обломки древних движений, атетозы, хореи, непроизвольные рычания и вскрикивания - психомоторные химеры, безумие эффекторики.

### Глава пятая. КОРТИКАЛЬНЫЕ УРОВНИ ПОСТРОЕНИЯ

**Пирамидно-стриальный уровень пространственного поля С**
          *Уровень пространственного поля*, как мы его называем по его наиболее характерной черте, - он же пирамидно-стриальный уровень С - представляет собой очень сложный и, по-видимому, далеко не вдруг оформившийся объект. Насколько сейчас возможно судить, это скорее всего не один, а нечто вроде двух раздельных уровней, один из которых в какой-то мере подчинен другому. Это утверждение подкрепляется и тем, что анатомические приборы, обеспечивающие его работу, имеют далеко не одинаковый филогенетический возраст. Однако бесспорно, что это не два самостоятельных, независимых образования; их функциональная слитность заставляет описывать этот уровень как нечто целое, только со ссылками там, где это необходимо, на подуровни СУ и С2. Уровень С представляет несомненный интерес и для психолога ярко выразившейся в нем той формой афферентной сигнализации, которая получила выше (см. гл. II) обозначение сензорного синтеза или сензорного поля, и для физиолога и невропатолога своей слитной двойственностью и тем, что составляет характерную особенность его координационных отправлений: вериативностью и пластичностью\*.
          Сложная структура уровня пространственного поля проявляется прежде всего в том, что он имеет два выхода на эффекторную периферию: и пирамидный, и экстрапирамидный. Проводимое классической неврологией противополагающее разделение всей моторики на пирамидную и экстрапирамидную не совпадает своими границами с водоразделом между описываемыми в этой книге уровнями построения, пролегающим более или менее точно между striatum и pallidum. Грань между пирамидной и стриальной (экстрапирамидной) системами не стерта, однако, в функции уровня С и проявляет себя в разделении двух вышеназванных подуровней, отличающихся один от другого и по оттенкам структуры их сензорных полей, и по контингентам реализуемых ими движений, и по филогенетическим биографиям обоих.
          Уровень С резко отличается от предыдущего уровня синергии как по ведущей афферентации, так и по смысловому содержанию свойственных ему движений и целому ряду их внешних характеристик. Ведущая афферентация этого уровня есть синтетическое пространственное поле.
          Выше уже говорилось о том, что для высокоорганизованных уровней построения не приходится понимать под афферентацией первичную, сырую рецепторику. Уже при описании уровня синергии мы имели случай упомянуть о том, что его ведущая афферентация формируется в результате синтетической переработки первичного сензорного материала в системе подкорковых ядер. Афферентации позы, реактивной динамики, угловых скоростей звеньев и систем тела представляют собой синтезы первичных проприо- и тангорецептивных ощущений, обросшие отметками местных знаков и упорядоченные в какой-то единой для всего тела системе координат. Значительно более синтетична, обобщена и, главное, объективирована афферентация уровня пространственного поля С. В ее состав мощной струей вливается кортикальная слагающая, правда, пока еще в виде самых периферийных полей коры, ее "входных и выходных ворот", по выражению Monakow. Ее *первичные* сензорные станции в коре больших полушарий таковы: зрительные поля (area striata, 17 и 18 Brodmann), осязательно-проприоцептивные (заднецентральная извилина, Brodmann), видимо, в какой-то мере слуховые и вестибулярные. Наконец, к афферентационным субстратам этого уровня принадлежит и кора полушарий нового мозжечка (neocerebelli). Итак, тангорецепторика фигурирует в составе синтетической уровневой афферентации уже второй раз, участвовав перед этим в образовании сензорного синтеза уровня синергии. Здесь она появляется сильно преображенной, пройдя в зрительных буграх сложную предварительную переработку и отсев и включив в свой маршрут еще один добавочный неврон. Этот сензорный полусырой материал неразрывно срастается со следами, сохраненными памятью, и изо всей переименованной совокупности индивидуально и прижизненно конструируется нерасчленимый синтез "пространственного поля" - образования, хорошо известного психологам в процессах упорядоченного восприятия, но гораздо менее знакомого неврофизиологам в роли ведущей эффекторно-координационной формации.
          Поле пространства, в котором организуются движения животного, разумеется, филогенетически гораздо древнее, нежели плукортикальный уровень С. Не лишено интереса проследить его постепенную эволюцию, в известной мере одномоментно отраженную в нервных системах высших позвоночных. Элементы организации пространства имеются уже в самом низовом уровне А, где она проявляется в виде примитивных тропизмов тяготения, выступая как почти беспримесная полярность верха и низа. В таком именно виде мы встречаемся с пространством как координационным фактором и у насквозь палеокинетических бесскелетных беспозвоночных, где поля тяготения определяет и стойко выдерживаемое расположение тела в пространстве, и распределение мышечного тонуса (Uexkull). В первом неокинетическом, централизующем уровне В пространство проявляет себя в виде системы координат собственного тела, обобщенной в единой системе местных знаков, но еще не спроецированной на внешнее дистантное окружение. Переход к уровню С знаменует собой скачок к содержанию, несравненно более сложному и отвлеченному от первичной рецепторики\*.
          Пространственное поле уровня С не есть ни ощущение, ни их сумма. Пока оно формируется, в нем участвуют и зрительные ощущения, и глазодвигательные ощущения, связанные с аккомодацией и стереоскопическим зрением, и осязательные ощущения с их местными знаками, и проприоцепторика всего тела, возглавленная вестибулярными ощущениями тяготения и ускорений, и, несомненно, бесчисленные осколки с других рецепторных систем. В нем возможны многочисленные компенсации и викарные взаимозамены, так как, например, слепорожденные вырабатывают себе без помощи зрения афферентационное поле, настолько сходное с пространственным полем зрячих, что ни в области геометрических представлений, ни в области пространственной моторики не впадают со зрячими почти ни в какие противоречия. Когда это поле создалось и выработалось, оно уже настолько абстрагируется от первичных рецепций, лежащих в его основе, что уловить в нем их следы становится невозможным самому пристальному самонаблюдению.
          Самый замечательный по резкому отличию от афферентации предыдущего уровня признак пространственного поля - это его *объективность*. Оформившееся пространственное поле полностью соотнесено с внешним миром и освобождено от той неотрывной связи с собственным телом, которая так сковывает и обесценивает пространственный синтез уровня синергии. Далее, пространственное поле уровня С обширно, несдвигаемо и гомогенно. Обширность во многом обеспечивается участием телерецепторов в его построении; однако это поле обладает теми же свойствами и у слепорожденных, использующих для его формирования локомоцию в сочетании с активным осязанием (пальпацией). Лишенная обоих главных телерецепторов Helen Keller могла изучить геометрию, понимала и любила скульптуру, в своих литературных работах выражалась о пространстве как зрячая. Еще важнее для объективации пространственного поля прочно связанное с ним ощущение его несдвигаемости. Когда мы ходим, поднимаемся на лестницу, поворачиваемся кругом себя, мы не только знаем, но и ощущаем со всей наглядностью и непосредственность, что перемещаемся мы, в то время как пространство с наполняющими его предметами неподвижно, хотя все рецепторы говорят нам об обратном\*. Если можно так выразиться, каждый субъект еще с раннего детства преодолевает для себя эгоцентрическую, птоломеевскую систему мировосприятия, заменяя ее коперниканской.
          Далее, пространственное поле *гомогенно* и *апериодично*, т.е. однородно во всех своих частях и не содержит в себе никаких элементов чередования или циклической повторяемости, которых так много в координатной системе собственного тела, на уровне синергий\*.
          Следующими важнейшими свойствами пространственного поля являются его *метричность* и *геометричность*. Оно включает в себя точную и взыскательную оценку протяжений, размеров и форм, входящих в качестве существенных признаков также и в движения, выполняемые на этом уровне: это *область точности и меткости*. Геометричность пространственного поля характеризует в наибольшей мере верхний, кортикальный подуровень С2, проявляясь в соблюдении геометрической формы и геометрического подобия. Наделенное всеми перечисленными свойствами пространственное поле уровня С представляет собой самое объективное из "пространств", сопряженных с последовательными уровнями построения; дальше кверху, в уровне действий (см. гл. VI), оно эволюционирует в сторону схематизации и, выигрывая в смысловой упорядоченности, несомненно, теряет зато в строго объективном, фотографическом соответствии действительным метрическим соотношениям.
          Пространство уровня С отнюдь не пустое: оно *заполнено объектами*, имеющими размер, форму и массу, и *силами*, действующими между этими объектами. Эти силы тоже относятся нами к внешним координатам; они исходят от внешних тел и привязаны к ним, а не к нашему телу, мы и силовое поле проецируем во внешнее пространство.
          Этими свойствами пространственного поля как ведущей афферентации определяются и основные характеристики управляемых им движений.
          *Движения*, самостоятельно ведущиеся на уровне пространственного поля, образуют у человека уже чрезвычайно обильный класс, резко отличающийся по своему богатству и разнообразию от более чем скудного ассортимента, *обнаруженного* нами на уровне синергии. Прежде чем обращаться к их характеристике, следует упомянуть, что класс движений уровня пространственного поля образует собой "потолок" моторных возможностей: а) у высших рептилий, б) у птиц (у перелетных и хищных птиц стриальный подуровень С1 проходит в некоторых отношениях через кульминационную точку своего филогенетического развития) и в) у низших млекопитающих, а также у человека в его раннем онтогенезе - приблизительно до второго года жизни, продолжая резко преобладать у него в течение всего детства. У высших млекопитающих начинает понемногу формироваться чисто кортикальный уровень действий D, но только "у человека имеет место чрезвычайно интенсивный рост количества и сложности предметных и цепных действий этого уровня и формирование чуждых вообще всем животным высших кортикальных символических уровней (группа Е), в связи с чем и относительное количество движений из уровня пространственного поля, и во многом степень их совершенства начинают ощутимо падать.
          *Движения уровня пространственного поля* имеют прежде всего ясно выраженный целевой характер: они ведут откуда-то, куда-то и зачем-то\*. Эти движения экстравертированы, обращены на внешний мир в не меньшей мере, чем движения уровня синергии интравертированы. Движения уровня С несут, давят, тянут, берут, рвут, перебрасывают. Соответственно с этим они имеют начало и конец, приступ и достижение, замах и бросок или удар. Движения в пространственном поле всегда по своей сути переместительны; если их внешнее оформление иногда по необходимости и циклично в силу устройства наших конечностей (ходьба, бег), то по своей смысловой структуре описываемые движения так же апериодичны, как и само пространство, в котором они текут.
          Переместительное движение по самой своей сути предполагает прилаживание к условиям того внешнего пространства, в котором оно протекает. Эта *приспособительность к пространству*, владение пространством есть третья характерная черта движений рассматриваемого уровня, совершенно чуждая нижележащим уровням построения. Она проявляется в двух планах или оттенках, намечающих грань между обоими упоминавшимися подуровнями. В нижнем (стриальном) подуровне она проявляется как приспособительность *по ходу процесса*. В уровне синергии, например, заканчивается и оформляется в детстве сложнейший синергетический концерт ходьбы, но ходьбы, так сказать, холостой или абстрактной. Стриальный подуровень адаптирует этот акт к рельефу и консистенции дороги, к уклонам, закруглениям, скользким местам, к бесчисленным мелким коллизиям, о которых босая нога могла бы многое рассказать обутой. Все эти изменения и прилаживания - прилаживания уже к внешнему полю, а не к собственному телу и его динамике, как это было на уровне синергии, технически необходимы для того, чтобы ходьба могла стать реальным, практически применимым актом. Эту группу приспособлений можно определить как проекцию двигательного процесса на внешнее реальное пространство с его силами и объектами. В верхнем подуровне С2 та же приспособительность к внешнему пространству становится тоньше и специализированнее, приобретая более выраженный целевой, или *финальный, характер*, и превращается в проекцию движения на его конечную точку во внешнем пространстве с установкой на точность или меткость. Этот подуровень в очень большой мере индифферентен к траекториям, способу и характеру выполнения промежуточных этапов перемещения, полностью перенося коррекционное ударение в конечный пункт, в который, как в фокус, должны собраться все возможные (и фактически встречающиеся при повторениях в силу вариативности) траектории данного движения.
          Далее, так как владение внешним пространством невозможно без уменья справляться с *внешними силами*, к движениям уровня пространственного поля относятся и движения силовые: поднимание тяжестей, баллистические (ударные, метательные) движения и т.п.
          Следующая общая черта движений описываемого уровня тесно связана с упоминавшейся уже объективированной однородностью пространственного поля и очень характерным образом выделяет эти движения среди других. Эту черту можно было бы назвать *пространственной обусловленностью* движений в противовес позной обусловлснности, господствующей на уровне синергии. Движения уровня С очень четко связаны со своими плацдармами во внешнем пространстве и очень мало связаны при этом с позой собственного тела в целом и даже с позициями промежуточных звеньев самой движущейся конечности. Скрипач, у которого моторика движений смычка базируется в основном на уровне синергии\*, никогда не решится изменить позу правой руки и стандартный рисунок ее межзвенных углов ни по отношению к инструменту, ни по отношению к верхней части туловища. Наоборот, у пианиста, двигательный состав координации которого теснее всего связан с уровнем пространственного поля, самые разнообразные изменения позы тела и положений играющих рук никак не сказываются ни на меткости, ни на точности исполнения, ни на его темпе, причем в число таких изменений можно (эксперимента или фокуса ради) включить и самые причудливые, акробатические позиции тела. Излишне подчеркивать, как сильно могут изменяться при этом все позные и угловые соотношения играющих рук. Наоборот, то, что пианисты называют туше и что непосредственно относится к способам извлечения звука и к художественным качествам последнего, будучи основано на фоновом уровне синергии, уже теснейшим образом связано с посадкой и позой рук. Это хорошо известно каждому музыканту-педагогу, и во имя этого ни один художник эстрады никогда не примирится с малейшей небрежностью в качествах табурета, подставленного к инструменту. Элемент меткости (пространственное поле) не сбивается от изменений посадки и позы, а в то же время элемент туше (синергии) чувствителен к ним так же, как и координации смычковой руки скрипача.
          Эта противоположность между уровнями В и С нуждается в анализе. Низко стоящий уровень синергии, являющийся одним из старейших в филогенезе проявлений церебральной интеграции движений и ознаменовавший своим появлением возникновение возможности огромных, охватывающих все тело синергии, в то же время педантически нетерпим к малейшим изменениям двигательного состава реализуемых им движений и фонов и чрезвычайно склонен к образованию стойких штампов и стереотипов движения. Это объясняется тем, что построение движений уровня синергии и всех его сензорных коррекций исходит из *собственного тела*, из проприоцептивных ощущений поз этого тела, суставных углов и т.д. Эти позы, последовательно проходимые во время движения (а также и те реактивные силы, которые неизбежно возникают при этом), и становятся самой сутью движений, закрепляясь в виде навыка. Такому закреплению стандартной формулы, несомненно, способствует и образование свойственных этому уровню динамически устойчивых форм движения, которые автоматически препятствуют всяким отклонениям от раз найденного стереотипа (см. гл. VIII), но дело отнюдь не только в них одних, так как и медленные движения в уровне синергии, не проявляющие механических предпосылок к динамической устойчивости, тоже тяготеют в этом уровне к стереотипам.
          Резко отличный по всем своим свойствам от этой штампообразности характер движений уровня пространственного поля подводит вплотную к большой группе явлений, имеющих первостепенную важность. Речь идет о взаимоотношениях между точностью и вариативностью, затрагивающих попутно и еще целый ряд других свойств координационного процесса.
          Дело в том, что в зависимости от смыслового характера задач, свойственных тому или другому уровню, и от тесно связанного с ним качества и состава его корригирующих афферентаций в каждом уровне по-другому расставляются ударения между важным и неважным, по-своему проводятся знаки равенства между не вполне одинаковыми движениями или их компонентами. Среди бесчисленных возможных сторон движения, подлежащих сензорной коррекции, каждый из уровней вычленяет те, к которым он особенно взыскателен и для управления которыми он наиболее адекватно вооружен, отделяя их от тех, к которым он остается более или менее индифферентным. Очевидно, по отношению к первым он будет соблюдать максимально доступную ему устойчивость и точность, в то время как вторые будут в большей степени предоставлены им либо на волю случайности, либо на коррекцию, проводимую фоновыми уровнями, если какой-нибудь из них, в свою очередь, заинтересован в корригировании этой стороны и в выдерживании ее на высокой марке точности.
          Так, например, верхний подуровень пространственного поля С2 делает решающее ударение на *точности попадания*, или *меткости*: меткости броска, удара, точности показывания или прикосновения, а в более сложном оформлении на точности воспроизведения видимой формы, например, срисовывания фигуры с соблюдением геометрического подобия. При этом подуровень С2 в большой степени безразличен к путям достижения требуемой финальной меткости и к поведению органа в промежуточных точках. Нижний подуровень С1 столь же требователен к точности, реализуемой по ходу движения: прилаживанию ходьбы к неровностям почвы, ступенькам, подъемам и спускам, прилаживанию движений карандаша к обведению нарисованного контура, движений напильника - к конфигурации обрабатываемой поверхности и т.д. Уровень действий D, о котором речь будет ниже (см. гл. VI), столь же требователен по отношению к конечному результату смысловой цепи движений при заметном индифферентизме к составу рабочих приемов и последовательных исполнительных элементов цепи. Примеры было бы легко умножить.
          Есть очень много движений, для которых установить объективный критерий точности значительно труднее, нежели для движений, связанных с меткостью попадания. Здесь на помощь приходит то обстоятельство, что, естественно, уровни допускают по отношению к безразличным для них сторонам и компонентам движения значительно более высокую *вариативность*, нежели по отношению к тем, которые имеют для них первостепенное значение. Таким образом определяется очень характерный признак принадлежности движения к тому или другому уровню или же к его уровневому составу, который можно было бы назвать *признаком специфической вариативности* (см. гл. IX). Помимо качественных отличий в направлениях и сторонах, предоставляемых разными уровнями на долю вариативности, имеет место и очень выразительный количественный *рост вариативности снизу вверх*, от уровня к уровню, стоящий в несомненной связи с упоминавшимся еще в гл. 1 ходом биологической эволюции двигательных задач в направлении все растущего разнообразия и приспособительности. Действительно, *вариативность является оборотной стороной точности*: не располагай тот или иной уровень известными резервами вариативности и изменяемости реализуемых им движений, он был бы не в состоянии гибко и точно прилаживать их к разнохарактерным условиям действительности.
          Вариативность и изменяемость движений уровня синергии крайне незначительны, что отчасти искупается высокой тщательностью отделки и амплитудой синергетического охвата, присущими его двигательным штампам. Вариативность подуровня СУ, а особенно С2, значительно выше, как будет еще показано на ряде примеров. Еще больше она у уровня действий D, хотя там вступают в силу некоторые характерные ограничения.
          То самое явление, которое в непроизвольном плане выглядит как вариативность, в плане преднамеренном и целевом обращается во взаимозаменяемость двигательных компонент и *переключаемость* движения с одного органа на другой. Движения уровня пространственного поля обнаруживают в резком отличии от движений и фоновых координации, управляемых уровнем синергии, очень большую переключаемость. Показать точку одинаково легко и точно можно и пальцем правой руки, и пальцем левой, а в случае надобности пальцем ноги, носом и т.д. Взять предмет, поднять с пола карандаш, нажать кнопку звонка, поднять щеколду, дернуть за веревку можно с равной легкостью как одной, так и другой рукой, с любого бока и любым способом. Штампы уровня синергии, привязанные к определенным позициям конечностей, конечно, тем более привязаны к самой конечности, освоившей их. В вышележащем уровне D уже отчетливо сказывается функциональная неравноценность правой и левой руки за счет доминантности одного из полушарий; таким образом, переключаемость, несомненно, проходит в описываемом уровне С через свой максимум.
          В уровне пространственного поля легко переключаемы не только траектории движения и исполнительные органы, *переключаемы* также *приемы*. При ходьбе в реальных условиях: на пересеченной местности, в горах и т.д., задача движения-перемещение в определенное место - по ходу дела решается десятками способов: ходьбой, прыжком, ползком, бегом, карабканьем. Мальчику нужно пройти сто шагов; он из них часть пройдет, часть пробежит, часть проскачет на одной ножке или пройдется колесом. Человеку, умеющему ездить на велосипеде, совершенно безразлично, какой рукой, в каком месте и какой хваткой держаться за руль; очень легко научается он ездить и без руля и тому подобному.
          У упоминавшегося уже ранее скрипача движения *левой* руки строятся в отношении важнейших двигательных фонов на уровне пространственного поля, как и движения рук пианиста. Здесь, как известно, не только с большой легкостью совершается смена позиций кисти или смена избранной для исполнения струны (знаменитые виртуозы, когда у них лопались на эстраде струны, не раз доводили до конца труднейшие концерты на одном баске), но и легко осуществляется переключение, например, со скрипки на альт, хотя у последнего длина грифа, т.е. и все аппликатуры, все требуемые взаимные расстояния между концами пальцев, почти в полтора раза больше, чем у скрипача. Хорошему скрипачу легко дается усвоение аппликатуры даже виолончели, хотя здесь изменены уже не только размеры, но и положение, и направление грифа.
          Другой аспект все той же переключаемости, свойственной уровню пространственного поля, - это пресловутая *"пластичность" нервной системы*, обнаруживающаяся во всевозможных экспериментах с ампутациями и нервными и мышечными анастомозами. Достаточно просмотреть соответствующую литературу (Bethe, Osborne, Kilvington, П.К. Анохин, Э.А. Асратян и др.), чтобы убедиться, что все отмечавшиеся экспериментаторами быстрые перестройки и переключения в опытах этого рода относились к движениям на уровне пространственного поля: с движениями из уровня синергии их постигло бы горькое разочарование. Подобные же явления ярко выражены у ампутированных людей-инвалидов. Так, инвалиды, лишенные обеих рук, легко научаются писать ногой или ртом. Автор наблюдал в 1941 г. девушку, лишившуюся при железнодорожной катастрофе обеих рук и одной ноги. Она обучалась в средней школе и умела хорошо писать: а) ртом, б) уцелевшей ногой и в) искусственной рукой. Что очень характерно для координации уровня пространственного поля, почерк ее при всех трех приемах сохранял свои характерные черты, т.е. также обнаруживал свойство переключаемости. С движениями уровня синергии ничего подобного не получается из-за несмещаемости штампов.
          Надо заметить, что и у здоровых людей почерк проявляет подобную же переключаемость. Нам безразлично, писать ли мелко или крупно, пером на горизонтальной или мелом на вертикальной плоскости, хотя при этих вариантах движения вовлекаются в работу совершенно разные мышцы и разным образом. Автор ставил, опыт над интеллигентным субъектом, заставив его без какой бы то ни было *предварительной тренировки* писать карандашом, прочно укреплявшимся: 1) к правому запястью, 2) к правому локтю, 3) к правому надплечью, к кончику 4) правой и 5) левой стопы, а кроме того, карандашом, взятым 6) в зубы и 7) в левые пальцы. Во всех этих переключениях письмо удавалось сразу, хотя и с известным трудом. Интересно, что плавная округлость скорописного почерка (создаваемая фоновыми координациями уровня *синергий*) не удержалась ни в одном из вариантов письма, кроме привычного писания правой кистью; в то же время почерковый характер отдельных букв, связанный с коррекциями уровня С, сохранен всюду очень отчетливо.
          Все проявления переключаемости, о которых речь шла в последней группе примеров, относятся уже к *верхнему подуровню* пространственного поля. Этот подуровень в еще большей мере, чем нижний, проявляет свойства освобожденности от жестких измерителей низовых уровней. Нам не только безразлично, изобразить ли квадрат, круг, букву и т.п. на горизонтальной или на вертикальной поверхности, длинным или коротким карандашом или прямо пальцем; нам в равной мере безразлично, изобразить ли эти контуры мелко или крупно. Если нижний подуровень сочетает позную и сутавно-угловую переключаемость с сохранением *пространственного тождества* (конгруэнтности), то подуровень С2 распространяет эту же переключаемость и на случай сохранения *геометрического подобия*. Пример с почерком, может быть, особенно разителен, показывая, *как ведущий геометрический образ пролагает себе путь через любые мышечные системы*, через любые иннервации, при любых масштабах. Срисовывая находящийся перед глазами рисунок или натуру, рисовальщик воспроизводит их с точным соблюдением геометрического подобия, и, во всяком случае, степень трудности такого воспроизведения меньше всего зависит для него от выбранного масштаба рисунка.
          Обобщая, нужно сказать, что во всех рассмотренных случаях движущуюся конечность (точнее говоря, ее *рабочую точку*) ведет пространственный контур движения: в подуровне С1 - непосредственно заданный (типовое движение - *обведение* предъявленной фигуры); в подуровне С2 - заданный или представляемый как геометрическая форма, без ограничения местоположения и масштаба (типовое движение - *срисовывание* фигуры). Именно по отношению к рабочей точке и соблюдается в описываемом уровне наинизшая вариативность и наибольшая точность. Особенно замечательны случаи, когда рабочей точкой служит не какой-либо пункт самой конечности, а пункт на продолжающем ее орудии: кончик пера, карандаша, ножа, центр теннисной ракетки, боек молотка и т.п. В этих случаях при развитом двигательном навыке, несмотря на то, что эти рабочие пункты орудий лишены каких-либо возможностей для прямой сензорной сигнализации, корригирование их движения осуществляется все же отнюдь не только посредством зрения. Это ясно подтверждается тем, что при автоматизации такого навыка очень часто оказывается возможной работа не глядя. Это может означать только, что в проприоцептивной сензорно-коррекционной системе с помощью зрения вырабатываются соответственные перешифровки, переводящие пространственные ощущения в элементах конечности на язык соответствующих этим ощущениям позиций и перемещений рабочей точки\*.
          Наконец, все те же явления вариативности и переключаемости и уже обрисованная гибкая приспособляемость уровня С к изменчивым условиям действительности играют самую главную роль в осуществлении экстемпоралъности, отмечавшейся еще в гл.1 в числе сторон и направлений развития двигательных реакций в филогенезе. Действительно, уровни, хорошо приноровленные к выполнению штампов, мало пригодны для реализации разовых, непредвиденных двигательных реакций, может быть, именно в силу большой и громоздкой сложности выполняемых ими координации. Штампы уровня синергии могут быть очень точно пригнанными, отработанными, обладать сыгранностью, охватывая иногда огромные ансамбли мышц и сочленений, но создавать новые, внезапные двигательные комбинации этому уровню так же трудно, как оркестру играть импровизацию. Наоборот, более высокие уровни, легко идущие в *непроизвольном плане* на допущение вариаций в отдельных сторонах и компонентах движения, с той же легкостью осуществляют по побуждениям удобства или необходимости *преднамеренные разовые модификации* своих (обычно более простых и портативных) движений, откликающихся на то или другое нетрафаретное изменение ситуации. Если сензорные коррекции уровня организованы так, что допускают возможность целого ряда эквивалентных путей, ведущих к одному и тому же результату и легко взаимозаменяемых, то эта же способность к переключению и прокладыванию различных от случая к случаю тропинок к неизменной цели позволяет легко нащупывать и новые комбинации движений. Экстемпоральность, как правило, не проявляется по отношению к тем сторонам движения, которые данный уровень выдерживает точно, на низкой вариативности. Здесь гибкость и приспособляемость двигательного аппарата проявляют себя только медленно, путем длительных перестроек на основе накапливаемого опыта.
          Таковы общие черты движений и координаций уровня пространственного поля. Обращаемся к его локализации.
          О мозговых субстратах его афферентационой части было уже сказано в начале этой главы. Эффекторных образований у этого уровня, по меньшей мере, два, что и подкрепляет в первую очередь проводимое здесь разделение его на два подуровня: 1) corpus striatum (полосатое тело), анатомически составленное из двух далеко оставленных друг от друга ядер, nuclei caudati (хвостатого ядра) и putaminis (скорлупы), и являющееся верхним этажом экстрапирамидной эффекторной системы, и 2) гигантопирамидное поле 4 коры полушарий, представляющее собой "выходные кортикальные ворота" пирамидной эффекторной системы. Оба эти образования филогенетически резко разновозрастны (см. гл. VII); это позволяет предполагать, что и в функциональном плане нижний подуровень сформировался в филогенезе раньше верхнего.
          Наряду с резкими несходствами клинических картин выпадений при поражениях striatum и пирамидной эффекторной системы это обстоятельство служит сильным аргументом для признания двух раздельных подуровней. Клиницисту труднее было бы признать обе названные анатомические системы за один целостный уровень, чем примириться с расчленением его на два слоя. Однако в действительности пропасть между пирамидной эффекторной системой и верхним этажом экстрапирамидной эффекторной системы, несомненно, не так велика. Во-первых, клиницисты имеют дело не с отправлениями, а с выпадениями, не с функцией, а с дисфункцией, что далеко не одно и то же. Во-вторых, большая часть того, что понимается в широком невропатологическом обиходе под экстрапирамидными движениями, относится к таламо-паллидарному уровню синергии. Эти синергии, как было показано выше, либо самостоятельно реализуются в уровне В, либо же нуждаются для своего осуществления в пилотаже со стороны striatum или пирамидной эффекторной системы. Трудность реализации синергии этого фонового типа без помощи striatum заставила (ошибочно) относить их к последнему, и это, действительно, сделало различие между пирамидно-кортикальными и стрио-паллидарными движениями очень глубоким. Однако нужно расценивать явление точнее.
          Если оставить в стороне действительно резкую антитезу между уровнями В и С, достаточно подчеркнутую в предшествующем изложении, и обратиться хотя бы к свидетельствам клинической литературы о *стриальной патологии*, то окажется, что, в то время как таламо-паллидарный уровень у человека полностью интравертирован, striatun с его афферентными системами тесно связан с *реализацией движений в пространстве*. Foerster связывает с ним стояние, сидение и ходьбу. Graham Brown относит на долю striatum бег, например, локомоторные движения теннисиста, т.е. четкие образцы движений на нижнем подуровне пространственного поля. С. & О. Vogt приписывают striatum "высококоординированные двигательные импульсы, связанные с речью и движениями туловища и конечностей". Jacob считает striatum центром выразительных и реактивно-оборонительных движений\*, ориентировочных и установочных движений, составных двигательных и статистических элементов сидения, стояния и ходьбы - все они явно относятся к движениям из класса пространственного поля. Примерно так же характеризует striatum Schilder. В эти данные клиницистами характеристики striatum целиком укладывается то, что было описано выше как проекция двигательного процесса на внешнее пространство, как текучее прилаживание к пространству и его силовому полю по ходу двигательного акта\*.
          Характерных функциональных отличий кортикальной пирамидной эффекторной системы от системы striatum два. Во-первых, пирамидная эффекторная система значительно интимнее связана со зрительной, а стриальная система - с проприоцептивной афферентацией; поэтому двигательные свойства точности и меткости преобладающим образом связываются с пирамидным аппаратом и первыми выпадают при его поражениях. Во-вторых, при нарушениях целости пирамидной эффекторной системы страдают преимущественно произвольные движения, а при экстрапирамидных поражениях - непроизвольные. Это различие, само по себе глубокое и важное, лежит в совершенно другом плане, нежели рассматриваемый здесь вопрос о качествах двигательных координации, и уже получило выше (см. гл. II) освещение о общем указании на постепенный рост снизу вверх как произвольности, так и осознанности движений последовательных уровней.
          Перечень самостоятельных, целостных движений, ведущихся на уровне пространственного поля, настолько обширен, что какая бы то ни было возможность составления их каталога совершенно исключается. Все, что реально возможно сделать, - это выделить важнейшие виды и группы этих движений и снабдить опись этих основных групп немногими более или менее наудачу взятыми примерами.
          I. *Всевозможные локомоции*: ходьба, бег, ползание, лазание плавание, ходьба по канату, ходьба на руках и т.п. Далее, сюда же относятся *локомоции на приспособлениях*: бег на коньках, ходьба на лыжах, на ходулях, езда на велосипеде, гребля и т.д. Все это будут циклические локомоторные процессы. За ними следуют ациклические локомоции: прыжки с разбега и с места; в длину, в высоту, в глубину; прыжки в Цель (например, в окно, через обруч и т.п.), прыжки на лошади, акробатические прыжки и т.п. Наконец, к группе локомоции нужно отнести и движения ходьбы с тягой или толканием (повозки, невода, бурлацкой лямки, спортивное упражнение "перетягивание каната" и т.п.). Все это преносы всего тела в пространстве.
          II. *Нелокомоторные движения всего тела в пространстве.* Сюда войдут сальто, акробатические движения, упражнения на брусьях, кольцах, турнике, трапеции и т.п.
          III. *Движения "манипулирования с пространством" отдельных частей тела. Среди них: указывания, прикосновения, уколы, обводы контура и т.п.*
          IV. Перемещение вещей в пространстве: движения взятия, схватывания, ловли летящего или движущегося предмета, передвигания, перекладывания, переноса и т.п.; всовывание, вдавливание, доставание, навивка, наматывание; *преодолевание внешних сил*: подъем тяжестей, натягивание лука или струны и т.п.
          Перечисленные группы тяготеют основным образом к нижнему подуровню С1.
          V. Переходную группу, не вполне ясную в отношении ее принадлежности к нижнему или верхнему подуровню, образуют *баллистические движения*. Те из них, которые делают преимущественную установку на силу, видимо, более тесно связаны с нижним подуровнем С1. Сюда относятся силовые ударные и метательные движения: толкание ядра, метание гранаты или связки, диска, молотка; удар молотобойца, рывок штанги и т.п. Зрительный контроль в движениях этой подгруппы второстепенен; это подтверждается тем, что перечисленные движения доступны слепому. Другие баллистические движения, имеющие установку на меткость, тяготеют к верхнему подуровню: метание копья или мяча в цель; теннис, городки, крокет; работа жонглера; удар кузнеца или рубщика зубилом; укол штыком и т.д. Все эти движения требуют зрительного контроля и недоступны слепым.
          VI. Движения *прицеливания*: наводка зрительной трубы, диоптра, целика, подготовительные движения перед точным уколом (игла, ножка циркуля и т.п.) или разрезом; прицеливание из бьющего вдаль оружия, прицелы на биллиарде, в крокете и т.п.; установочно-выжидательные движения вратаря в футбольной игре; у животных - стойка хищного животного перед прыжком-нападением и т.д. Зрительный контроль с учетом глубины, перспективы, словом, всей дистантной геометрии пространственного поля, существенно необходим для этой группы.
          VII. *Подражательные и копирующие движения*: имитация зрительно воспринимаемых движений и действий другого лица; срисовывание (с натуры или с рисунка); изображение предмета или действия жестами (изобразительная пантомима в отличие от полунепроизвольной, эмоционально-выразительной пантомимы уровня синергии); передразнивание и пародирование движений (?) и т.д. Верхний подуровень существенно необходим.
          Не будем давать здесь примеров движений, в которые уровень С пространственного поля входит как фон. Такие движения высших уровней чрезвычайно многочисленны. Дело в том, что уровню пространственного поля недоступно выполнение сложных смысловых действий, которые связаны с *предметом и орудием* (кроме простейших перемещений их); здесь выступает на сцену следующий кверху *уровень действий D*. В вышеприведенном обзоре движений, ведущихся на уровне пространственного поля, мало производственных и трудовых движений и относительно много спортивных и акробатических. Труд же и производство, как правило, имеют дело с предметом и лишь в редких случаях - с пространством и его силовым полем. Естественно, что в инвентаре уровня С оказываются преобладающими, во-первых, локомоции, а во-вторых, спортивно-гимнастические процессы. Но трудно было бы насчитать много движений высших уровней, не связанных с уровнем С как с фоном, уже потому, что смысловое манипулирование с предметом требует в преобладающей части случаев владения пространством как естественной предпосылки. Как показано ниже, уровень пространственного поля подслаивает эти действия предметного уровня двояким образом: 1) как более или менее самостоятельный фон, обеспечивающий перемещение всего тела, точность и меткость отдельных вспомогательных движений в качестве технических предпосылок для выполнения предметного действия (например, ходьба, являющаяся необходимым фоном для таких трудовых операций, как косьба, прокатка стали, работа сцепщика поездов и т.п.), и 2) в уровне пространственного поля формируются по мотивам и побуждениям вышележащего уровня и для его обслуживания специальные фоновые координации - так называемые высшие автоматизмы, или сноровки (Handfertigkeiten, skills), о которых будет речь в гл. VI и VIII.
          Остановимся вкратце на явлениях дисфункции рассматриваемого уровня. Если нарушения на рубро-спинальном уровне А заслуживали названия дистоний, нарушения в таламо-паллидарном уровне В - названия диссенергий, то дисфункции уровня С хорошо объединяются под именем дистаксий, или атаксий, т.е. того, что в просторечии принято называть "нарушениями координации". Все известные в клинике виды атаксий связаны с поражениями афферентаций именно описываемого уровня. Таковы вестибулярная и мозжечковая атаксии; такова, по сути, и табетическая атаксия, хотя она осложняется, как указывалось выше, еще дистоническими нарушениями в уровне А. Все эти виды атаксий не затрагивают уровня синергии и не влияют прямым образом на уровни выше С, но они резко избирательно нарушают пространственную координацию, в первую очередь равновесие, локомоции и точность (меткость). Табетическая атаксия, вызывая побочным порядком синдром дистоний, выбивает до известной степени почву из-под ног и у уровня синергии, опирающегося на эффектор уровня А - красное ядро. Движения уровней выше С разрушаются вторично постольку, поскольку выпадают имеющиеся почти у всех их технические фоны из уровня пространственного поля. Довольно явственный, хотя и скоро проходящий синдром атаксии может дать недавно наступившая, еще не компенсированная слепота.
          При поражении на основном эффекторном пути этого уровня - пирамидном пути - первыми вслед за общим шоком выступают спастические параличи, сменяющиеся затем парезами за счет экстрапирамидной (отчасти контралатеральной) компенсации. При этом обнаруживаются избирательные дефекты как раз в областях, причисленных выше к комплексу пространственного поля: выпадение или ухудшение качества точных движений, затруднительность выполнения целевых движений при сохранности движений мимических, выразительных, позных и т.д. При поражениях в эффекторном звене атаксия не проявляется так резко, как при поражениях афферентации (см. гл. IX); но тем не менее, хотя атаксия и зависит в преобладающей мере от афферентации, а не от эффекторики, все же атактический характер пирамидных расстройств бесспорен. Что касается поражений stnatum как эффектора, то его выпадения влекут за собой избирательные расстройства движений нижнего подуровня С1, обычно заслоняемые явлениями патологической гиперфункции pallidi.

### Глава шестая. КОРТИКАЛЬНЫЕ УРОВНИ ПОСТРОЕНИЯ

**Теменно-премоторный уровень действий (D)

          Высшие кортикальные уровни**
          Все координации и значительная часть движений, описанные в предыдущих главах, принадлежат и животным не в меньшей мере, чем человеку. Более того: на самых различных ступенях эволюционной лестницы позвоночных мы встречаем виды, обладающие более высоким развитием тех или других сторон и проявлений уровня пространственного поля, чем у человека; животных с более резвым и выносливым бегом, лучше лазающих, совершеннее плавающих, нежели человек, обладающих большей коррекционной зоркостью, более тонкой зрительной или обонятельной ориентировкой в пространстве, более метким и точным нападением. Все говорит за то, что кульминационные точки развития по этому уровню уже пройдены. Правда, списки движений уровня пространственного поля у человека богаче, чем у каких бы то ни было животных, но более внимательное рассмотрение, которое отчасти найдет свое отражение и в этой главе, показывает, что многие из этих человеческих движений, якобы из уровня пространственного поля, на самом деле лишь обильно, подавляюще, насыщены фонами из этого уровня, принадлежа по признаку ведущих афферентации к более высокому уровню построения. В связи с этим отсутствием параллелизма между общим ходом эволюции центральной нервной системы и степенью развития уровня пространственного поля нельзя не отметить, что этот уровень, в сущности, еще не кортикальный. Правда, у человека и высших млекопитающих он связан с корой полушарий, но лишь с самой ее периферией - с пирамидными полями, очень метко названными кем-то "передними рогами головного мозга", и ничуть не хуже работает у тех животных, у которых нет ни коры, ни пирамидного пути.
          Наоборот, уровень, о котором идет речь в настоящей главе, целиком кортикален (он, правда, имеет очень разнообразные связи, широко распространяющиеся и на субкортикальные системы, причины чего уяснятся из дальнейшего) и составляет почти исключительную принадлежность человека. Такое резкое отличие его по эволюционному положению от нижележащих уровней подчеркивает огромные, далеко еще недооцененные, принципиальные отличия коры от более древнего ядерного типа организации нервных агрегатов. Уже в гл. I было указано, что головной мозг на очень большом отрезке филогенетической истории выполнял подсобные функции при эффекторах и высших рецепторах, развиваясь у них на поводу, и лишь сравнительно недавно вышел на ведущие позиции. По-видимому, принцип коры открыл совершенно новые, неизведанные возможности. Судя по многим признакам, сейчас происходит (вряд ли уловимый непосредственно, как простой глаз не видит хода часовой стрелки) интенсивный рост биологического примата нервизма, когда головной мозг возглавляет и эволюционно ведет за собой не только всю соматическую систему, но и вообще всю жизнедеятельность, как в норме, так и в патологии. Сама собою напрашивается мысль, что все эти возможности открылись для мозга благодаря коре с ее совершенно особой структурой. Как знать, к чему это поведет в ближайшие миллионолетия?
          Излагаемая в этой книге теория координации основывается на положении, что качественно различные афферентации связанные с различными анатомически локализуемыми образованиями центральной нервной системы, координационно управляют различными группами движений, очень несходными между собой по ряду признаков. Для стволовой и подкорковой части мозга это положение создавало удобные и легко применимые систематизационные признаки, так как там мы находили четко раздельные между собой афферентационные системы и столь же явственные анатомические, неврональные соотношения.
          Наоборот, оба эти признака очень сильно осложняются и делаются расплывчатыми при переходе к кортикальным образованиям. Уже на уровне пространственного поля, афферентация которого захватывает ряд низовых, древнейших полей коры полушарий, мы встретились с очень сложным афферентационным синтезом, чрезвычайно обобщенным и далеким от первичных сензорных элементов. Афферентация более высоких уровней построения движений еще сильнее обобщена, еще дальше отодвинута от первичных рецепций и в еще большей мере опирается на мнестический (сохраняемый памятью) багаж предшествующего опыта. Расчленить афферентационные уровни, а тем более отнести их к определенным кортикальным полям и системам проводящих путей представляется здесь чрезвычайно трудным делом.
          С чисто морфологической стороны строение коры полушарий вполне соответствует этой функциональной слитности и обобщенности. В то время как в нижележащих системах мы имеем перед собой раздельные клеточные ядра, связываемые между собой пучками волокон, довольно легко анализируемыми и по их неврональному составу, и по иерархическим взаимоотношениям, кора мозга построена как сплошной слой клеток, простеганный во всех направлениях сплошным же слоем волокон белого вещества. Кроме первичных полей и слоев ("входных и выходных ворот коры") и тесно примыкающих к ним вторичных (как area parastriata, или премоторная зона), все остальные цитоархитектонические отделы коры полушарий не обнаруживают уловимых иерархических соотношений, а может быть, и не имеют их в раз навсегда постоянном виде. Проблема кортикальной локализации бесспорно принадлежит к числу труднейших принципиальных проблем современной неврологии, и это в значительной степени именно потому, что в коре особенно сложны и особенно функционально изменчивы связи и соотношения ее анатомических приборов.
          Эта синтетичность функций, слитность морфологического строения и осложненность иерархических взаимоотношений проявляются, конечно, и в том, что уровни построения движений, связанные с корой, оказываются гораздо более неявными, переходящими один в другой и лишь с большим трудом поддающимися описательному вычленению. В некоторых случаях, при анализе некоторых видов движений, явственно обнаруживается наличие целого ряда иерархически подчиненных друг другу уровней, каждый из которых дает себя знать в таком анализе либо своей особой перешифровкой, либо своим особым качеством избирательных патологических нарушений. В других случаях, наоборот, даже расчленение двух четко раздельных уровней невыполнимо с достаточной уверенностью.
          Физиологический анализ движений кортикальных уровней находится еще в зачаточном состоянии. Основной материал для анализов этих движений до сих пор дает клиника очаговых поражений головного мозга и, в некоторой малой степени, опыты с экстирпациями корковых участков у высших обезьян. С этим-то материалом, обладающим всеми принципиальными недостатками материалов клинических выпадений, нам и придется теперь преимущественно иметь дело.
          Как следует из всего сказанного, мы не имеем права приписывать намечаемым здесь кортикальным координационным уровням ту же анатомическую и функциональную четкость, какая, естественно, устанавливалась для уровней низовых (впрочем, уже в уровне С пришлось выделить два сросшихся между собой подуровня). Может быть, правильнее будет, до последующих уясняющих экспериментов рассматривать описываемые в дальнейшем уровни D и Е как многослойные комплексы уровней с пока не уловимыми, а может быть, и объективно нестойкими подразделениями между ними, но при этом избегать догадок, не оправдываемых имеющимся фактическим материалом.
          Описываемый в этой главе уровень D почти монопольно принадлежит человеку, недаром именно в нем строятся главнейшие фоны речевых и графических координации, и явно еще далек от своей кульминации. Он едва-едва представлен в виде единичных проявлений у наиболее высокоразвитых млекопитающих - лошади, собаки, слона; у Брэма можно найти на эту тему много более или менее правдоподобных историй. Даже у высших обезьян процент его очень мал, и (как и у человека в раннем онтогенезе, на втором году жизни) к нему прибегают только после неудачи решить возникшую задачу на более привычных нижележащих уровнях. Эта специфическая присущность человеку описываемого "уровня действий" и явилась причиной того, что он был первоначально нащупан клиницистами в негативной форме выпадений при локализованных определенных образом кортикальных очагах. Надо сказать, что и на человеке экспериментальная физиология до сих пор не может что-либо добавить к фактам, добытым клиницистами, так как раздражение обнаженной коры, регистрация биоэлектрических потенциалов мозга и т.п. не в состоянии пока ничего установить по этому поводу. Мы также возьмем за отправную точку негативное определение, но поставим себе задачу дойти до возможно более ясной *позитивной характеристики* анализируемого уровня.
          Для всех очень многообразных и разнохарактерных клинических картин двигательных нарушений в уровне действий (эти картины объединяются под общим названием апраксий, хотя удачнее было бы называть их диспраксиями) характерно не только отсутствие каких-либо стойких моторных выпадений - параличей, парезов и т.п., но и каких-либо стабильных расстройств координации в общеупотребительном значении этого слова. При апрактическом нарушении страдает *не координация двигательного акта, а его реализация*. При наличии полного понимания сути и смысла возникшей двигательной задачи (этим апрактик отличается от агностика, у которого подвергается распаду самое осмышление задачи) утрачивается тот мостик, который ведет от восприятия задачи к ее двигательному решению. Апрактик не безрук - он только беспомощен. В противоположность атактику с распадом уровня пространственного поля, которого не слушаются собственные руки, больному описываемой категории (в случае, не осложненном привходящими фоновыми нарушениями) покорны все органы, но он сам не умеет сделать посредством их ничего, что выходило бы за пределы элементарных двигательных комбинаций, доступных и высшим животным. При этом пациент безнадежно теряет способность к приобретению или восстановлению умений и навыков, сколько-нибудь превышающих эти элементарности. Правильно осмысляя задачу, апрактик не заблуждается и относительно своего неуспеха в ее решении: как правило, он недоволен собой, отличаясь этим от тех душевнобольных, у которых подобный же неуспех бывает связан с утратой критической оценки своих действий. Итак, на фоне сохранности как активной подвижности, так и элементарной кинетической Управляемости моторной периферии, при отсутствии каких-либо грубых потерь в силе, скорости, точности движений и т.п., налицо факт выпадения огромных контингентов двигательных актов и их усвояемости.
          Обширные клинические наблюдения над больными этого рода, восходящие еще к Nothnagel и Н. Jackson и в первые глубоко проанализированнные Liepmann в 900-х годах, позволяют прежде всего выделить в качестве особого координационного уровня класс *действий* (иначе - предметных действий, смысловых цепей и т.п.). Это выделение вполне оправдывается четкой избирательностью выпадений двигательных актов этого класса при кортикальных болезненных или травматических очагах с различными, но вполне определенными локализациями. Анализ того, что теряется при таких очагах в области двигательных координации, а что сохраняется без ощутимых изменений, позволяет отграничить *уровень действий* от ранее описанных уровней и наметить его важнейшие позитивные отличительные особенности.
          Невозможно было бы говорить о кортикальной локализации этого уровня, не разбередив попутно всю сложную проблему кортикальных локализаций в ее целом. Все, на что мы можем быть сейчас уполномочены, - это на выделение тех полей коры, без которых нормальное функционирование уровня действий невозможно и поражения которых вызывают очерченные выше синдромы апрактических расстройств. Как общее правило, факты связи определенных локальных поражений в коре полушарий с определенными же функциональными синдромами выпадений доказывают только, что эти особые места поражений являются пунктами обязательного транзита данной формы нервного процесса - узловыми станциями, без прохода через которые эта форма нервного процесса не имеет возможностей к реализации. Только такие *пункты обязательного транзита*, очевидно, соответственно "входные" и "выходные ворота" нервного процесса данного уровня, и могут быть сейчас указаны для локализации уровня действий. Характерным образом эти поля группируются в двух участках каждого полушария, довольно далеко отстоящих друг от друга. Одна группа располагается в *нижних отделах теменной доли* полушария, занимая срединное положение между сензорными полями зрительных (затылочная доля) и слуховых восприятий (височная доля) и полями синтетической танго-рецепторики (задняя центральная извилина), равно как и примыкающими к ним интермедиарными зонами. Вторая группа полей этой системы помещается непосредственно впереди от двигательного пирамидного поля 4; ее называют обычно *премоторной зоной* (группа 6а и 6b Brodmann). К нижней границе премоторной зоны примыкает вплотную поле "двигательного центра речи" Брока.
          Первая группа полей тесно связана и анатомически, и функционально с *афферентационными*, первичными и вторичными, полями осязания, слуха и зрения, между которыми она и залегает. Что касается премоторных полей, то их функциальная близость к *эффекторике* доказывается уже тем, что электрические раздражения обнаженной поверхности коры в их области дают *движения* отдельных частей тела, чего никак не получается при раздражениях в теменной области. Эффекты раздражения премоторных полей отличаются от эффектов прямого раздражения пирамидной зоны более высокими порогами, ярко выраженными явлениями суммации раздражений, облегчения и ocтаточного разряда, значительной временной задержкой наступления двигательной реакции на раздражения и, наконец, тем, что возникающие в результате их двигательные ответы не являются изолированными эффектами с одной мышцы или узкой мышечной группы (как при раздражениях пирамидной зоны), а представляют собой уже своего рода обломки целостных движений, синергетически вовлекающих в реакцию как взаимно антагонистические, так и протагонистические мышечные группы О. Vogt нашел, что надрез коры вдоль границы между премоторными и пирамидными полями немедленно снимает эти эффекты, т.е. что двигательные реакции на раздражения премоторных полей *возможны не иначе, как транзитом с премоторного поля* на пирамидную систему и пирамидный эффекторный путь. Миэлоархитектонические исследования проводящих путей головного мозга показали, однако, что премоторные поля имеют связи не только с пирамидными полями коры, но и с паллидумом и даже с низовой ядерной группой экстрапирамидной эффекторной системы... (относительно связей со striatum вопрос еще не достаточно ясен). Таким образом, премоторные поля эффекторны и по местоположению, и по связям, и по эффектам экспериментальных раздражителей, но в то же время не представляют собой эффектора не только прямого и ясного типа, как, например, гигантоцеллюлярный пятый слой пирамидного поля, но и осложненного иерархической многоэтажностью, как striatum. Тем не менее, как будет показано ниже, то, что распадается при теменных очагах, явно представляет собой афферентационные функции sui generis, а те отправления, которые испытывают наиболее яркий ущерб при разрушении премоторных полей, очень близки по своему смыслу к эффекторике, но только раскрывают это понятие в совсем новом и своеобразном содержании. Положение премоторных полей в функциональном отношении напоминает положение полей 18 и 19 зрительной области: это, так сказать, вторичные эффекторные зоны.
          Очерк локализации кортикальных аппаратов уровня действий страдал бы существенным пробелом, если бы мы не упомянули здесь же еще об одной важной ее черте. Необходимой зоной для обеспечения отправлений уровня действий является *левая* нижне-теменная область, связанная по закону, общему для всей коры полушарий, с *правой стороной тела*. В прямой связи с этим в уровне действий впервые отчетливо проступает неравнозначность обеих сторон тела, т.е. праворукость (или леворукость). В уровне пространственного поля, а еще более в нижних уровнях В и А эта функциональная неравнозначность незаметна.
          Как было указано в предыдущей главе, для движений уровня пространственного поля очень легко осуществляется викарная подстановка одной руки вместо другой В уровне действий и общая сноровка каждой руки, и наделенность их теми или другими частными приобретенными при жизни навыками могут быть очень разными по качеству и составу, что может пригодиться как вспомогательный признак для распознавания принадлежности двигательного акта к уровням С или D: навыки, относящиеся к уровню действий и опирающиеся на его ведущие афферентации, не дают, как правило, легких переносов или викариатов из одной руки в другую.
          Обращаемся к функциональному анализу описываемого уровня. Как и в предшествующих разделах, мы дадим вначале характеристику его афферентации, затем общий очерк определяющих свойств его двигательных отправлений, и только обзор Характеристических функциональных выпадений будет целесообразнее в очерке данного уровня предпослать перечню его нормальных целостных двигательных актов.
          *Ведущая афферентация* уровня действий D есть предмет. Очевидно, причисление предмета к разряду афферентации подразумевает очень широкую трактовку последнего термина. Психологический образ предмета представляет собой результат гораздо более глубоких обобщений и гораздо более сложной синтетической связи между сензорными и мнестическими составляющими, нежели синтез, описанный в предыдущем разделе под названием пространственного поля.
          Ведущим мотивом в уровне действий является собственно не предмет сам по себе, как геометрическая форма, как нечто с определенной массой, консистенцией и т.п. (см. об этом ниже), а *смысловая сторона действия с предметом* - все равно, фигурирует ли предмет в этом действии как его объект или еще и как его орудие. Именно этот мотив разрушается при так называемой агностической (иначе - идеаторной) апраксии, о которой будет подробнее сказано в последующем тексте. Афферентационными системами описываемого уровня являются те функциональные системы, которые осмысляют чувственно предъявленный предмет и определяют, что именно и в каком цепном порядке можно и нужно делать с этим предметом.
          Для последующего анализа целесообразно ввести два понятия, созданные невропатологами и обладающие несомненной эвристической ценностью: понятия *смысловой структуры* действия и его *двигательного состава*. Смысловая структура двигательного акта определяется содержанием возникшей задачи и, в свою очередь, сама определяет тот сензорный или сензорно-гностический синтез, который адекватен задаче и может обеспечить ее разрешение, и тем самым определяет и созвучный этой задаче ведущий уровень построения. Двигательный состав действия есть уже результат столкновения между собой, как бы итог подстановки в некоторое общее уравнение, двигательной задачи и кинетических возможностей, находящихся в распоряжении организма для ее решения. Двигательный состав включает в себя и перечень последовательных элементов цепи, если речь идет о цепном действии, и определении двигательных приемов, соответствующих этим элементам, и фоновый состав симультанных компонент сложного движения. Двигательный состав определяется и биомеханическим устройством рычагов и кинематических цепей тела, и иннервационными ресурсами, и фактическим инвентарем сензорных коррекций и, наконец, орудием, которое может быть применено для выполнения потребовавшегося действия. Таким образом, двигательный состав есть функция как задачи, так и ее исполнителя. Одну и ту же задачу быстрого перемещения в пространстве человек решает спринтом (или велосипедной ездой и т.п.), лошадь - галопом, птица - полетом и т.д. Выявление и формирование двигательного состава движений и действий рассматриваются в гл. VIII.
          После этого небольшого отступления обратимся к смысловой структуре действий рассматриваемого здесь класса, поскольку она самым непосредственным образом связана с афферентационной стороной работы уровня, так же как двигательный состав действий неразрывно слит с его эффекторной частью.
          Название "предметных действий", часто присваиваемое смысловым цепям уровня D, несомненно, оправдано подавляющим процентом в этом уровне актов, имеющих по самому их существу дело с предметом. В этом проявляется характерное для психологической иерархии уровней постепенное возрастание их объективации, направленности на активное, изменяющее мир взаимодействие с последним. Предметность как свойство координационных контингентов движений неуклонно "энцефализируется". В удел низовым уровням параллельно с переходом их во все возрастающей мере на служебные, фоновые рельсы достаются преимущественно "проприомоторные" движения и компоненты, обуздывание и мобилизация собственного тела, представляющего по мере увеличения его подвижности и возрастания утонченной сложности предъявляемых к нему требований все большие трудности для управления. Бесспорно и то, что сами по себе контингента движений становятся по ходу эволюции все более предметными; роль руки в этом процессе оттенена в достаточной мере основоположниками современного научного мировоззрения. Предмет фигурирует в двигательных актах уровня действий и как объект для манипулирования с ним, и как орудие действования, и, наконец, как символ, облегчающий и конкретизирующий отвлеченные действия: чертеж, шахматная фигура, написанная буква или иероглиф и т.д. Несомненна, впрочем, принадлежность к этому же уровню и целого ряда совсем беспредметных действий (если только не расширять до неимоверности пределы понятия предмета): спортивных игр, тактических боевых действий и т.п.
          Большой интерес для учения о координации представляет далеко еще недоисследованная особенность предметных действий, выражающаяся в ведущей роли захватываемой предметом при подобных действиях, и свидетельствующая о чрезвычайно глубоких, всецело ускользающих от сознания, координационных перешифровках. Когда предмет фигурирует в качестве инструмента при высокоавтоматизированной привычной работе, он прямо переживается исполнителем действия как органическая часть собственного тела, вплоть до иллюзии активного, ведущего управления движениями, как будто бы исходящего из этого инструмента.
          Предмет сам по себе существует в пространстве и во времени. Точно так же и смысловая сторона действования с этим предметом содержит в себе смысловое восприятие и расчленение *пространства*, в котором организуется действие, и синтетическое переживание времени, в котором строится последовательность и смысловая связь элементов цепного действия. Афферентация уровня действий включает в себя и синтетическое пространство, и синтетическое время, но в совершенно другом виде, с другими характеристиками, нежели те, с какими они встречались на нижележащих уровнях построения. Очерк изменений и осложнений обеих этих психо-физиологических категорий при восхождении к уровню действий поможет яснее выделить их особенности, присущие этому уровню.
          Уже в предыдущем разделе была рассмотрена *эволюция синтеза "пространства"* от самых низовых уровней до верхнего подуровня пространственного поля. Подробно проанализированное там пространство этого последнего подуровня, полностью экстраецированное, метричное (т.е. наделенное *масштабом*) и геомстричное (т.е. содержащее компоненты геометрической *формы* и геометрического *подобия*), представляет собой самое объективированное из "пространств", присущих различным уровням построения движений. Оно опирается на филогенетически наиболее новую и наиболее совершенную рецепторику по сравнению с нижележащими уровнями и притом строится в самых периферических системах коры по сравнению с вышележащими уровнями, уже более абстрагированными и более далекими от первичного сензорного материала.
          Пространство, в котором организуются предметные действия, обладает целым рядом особенностей, оказывающих влияние не только на структуру общего ведущего афферентационного синтеза этого уровня, но и на само координационное построение протекающих в нем движений. Уже на уровне С2 наметился отрыв от несмещаемой координаты (возможность срисовывания вместо обрисовывания по типу С1) и от неизменного масштаба (появление подобия вместо конгруентности, характерной для С1). На уровне действий абстрагирующее преобразование пространства идет еще дальше. Вместо геометрической формы появляется *схема, т.е. метрические, размерные соотношения заменяются топологическими, качественными соотношениями*. Пространство предметного уровня теряет в конкретности, но зато выигрывает в упорядочении, осмыслении, выделении существенного по сравнению с уровнем пространственного поля. В нем выделяются и организуются качественные понятия замкнутой и разомкнутой фигуры, представления "над" и "под", "вне", "внутри", "между" и т.п. Происходит то, что психологи называют категориальной организацией пространства, и то, что обозначается нами здесь как возобладание топологической смысловой схемы над геометрической формой.
          Во всяком геометрическом образе мы можем различать *его топологию и его метрику*. Топологией геометрического объекта следует называть совокупность его качественных особенностей, вне зависимости от его величины, формы, той или иной кривизны его очертаний и т.д. К топологическим свойствам линейной фигуры нужно относить, например, следующие: замкнутая это фигура или незамкнутая, пересекают ее линии сами себя, как в восьмерке, или не пересекают, как в окружности, и т.д. Кроме этих свойств, лишенных в своем определении какого бы то ни было признака количества, мы должны будем в нашем аспекте отнести к топологическим свойствам и такие, которые включают в себя число, по-прежнему не включая, однако, никакой меры. К таким свойствам можно отнести, например, четырехугольность, принадлежность к типу пятиконечной звезды и т.п. Для характеристики топологических свойств этого рода на знакомом и привычном примере следует указать, что каждая буква печатного шрифта есть отдельный топологический класс, причем к единому классу буквы "А" принадлежат, очевидно, прописные буквы "А" всех размеров шрифта, очертаний, гарнитур и т.д., если только пренебречь некоторыми добавочными черточками чисто каллиграфического значения. Нарисованные мелом фигуры "игры в классы", каждую весну во множестве появляющиеся на тротуарах, - тоже представители одного и того же топологического класса для каждой разновидности игры, и при этом совершенно независимо ни от масштаба рисунка, ни от уменья рисовавшего. Привычная схема, по которой данный ребенок рисует "дом" или "человека", также обычно есть определенный топологический класс - и не более того.
          Именно эти-то категории, целиком принадлежащие топологии, а не геометрической метрике, определяют собой свойства пространственного синтеза уровня D. Как раз очень выразительным проявлением примата топологической схемы над формой в описываемом уровне служат элементы двух характернейших его отправлений: буква в ее написании и речевой звук в его фонетической реализации. Обращаясь к букве как объекту, более осязаемому и удобному для характеристики, отметим, что не только ее смысловая суть зависит исключительно от топологии взаимного расположения ее штрихов, а не от геометрических признаков, но и *движения* при ее написании столь же топологичны, не связаны ни с метрикой размера, ни с метрикой формы и геометрического подобия.
          В связи со сделанным выше анализом эволюции афферентационного пространства, стиль которого на каждом из уровней через сензорные коррекции определяет и стиль получающихся на нем движений, заслуживает внимания одно интересное явление. Выше уже было указано, что автоматизация движения состоит в переключении ряда координационных фоновых компонент движения в нижележащие уровни, что связано и с их переключением на другие афферентации. Отсюда следует, что в частном, но очень распространенном случае автоматизации фоновых компонент вниз, на уровень синергии, эта автоматизация должна сопровождаться заменой зрительной афферентации на осязательно-проприоцептивную, т.е. *выключением зрительного контроля* над соответствующей компонентой. Логика требует, если наша обобщенная трактовка автоматизации верна, чтобы существовали и такие случаи автоматизации (на этот раз связанные с передачей из *уровня действий* вниз на уровень пространственного поля), при которых ее наступление сопровождалось бы не снятием, а, наоборот, *включением* зрительных коррекций. Действительно, такие случаи существуют. Нормальный взрослый с обычным для нормы резким преобладанием предметного уровня рисует всегда схемы, а не формы - то, что он осмысляет и обобщает, а не то, что он видит. Поэтому человеку, обучающемуся рисовать, приходится учиться видеть окружающий мир таким, каким он фактически рисуется на его сетчатке, учиться смотреть на натуру и воспроизводить ее в правильном освещении и перспективе, а не осмыслять натуру и рисовать вместо нее идеограммы, как делают все, не умеющие рисовать. Приобретение уменья или навыка рисования с натуры - очень показательный случай такой автоматизации процесса, строящегося на уровне действий, самая суть которая как раз и состоит в уменье включить оптический контроль. Разумеется, он используется у умелых рисовальщиков бессознательно, как это и подобает всякому автоматизированному акту.
          Не умножая примеров, необходимо прибавить к характеристике пространственного синтеза уровня действий еще только две вещи.
          Во-первых, не только в плане афферентации, но и в плане управляемой ею эффекторики пространство уровня D строится по принципу топологической схемы, а не геометрической формы. Это не значит, конечно, что движения, поднявшиеся до этого уровня, обязательно перестают быть метричными, а значит только, что *все, вносимое в движения этим уровнем, топологично, а не метрично*. Если в уровне действий встречаются метричные движения, это говорит о том, что в них для обслуживания какой-либо фоновой компоненты участвует уровень пространственного поля. Но разница с самостоятельными движениями в уровне С та, что эти последние движения не могут не быть метричными (иначе это уже распад уровня С, атаксия), тогда как двигательные акты уровня действий не метричны, как правило, и метричны только в упомянутых частных случаях. Почерк не метричен - об этом уже упоминалось. Не метрично снимание шляпы, закуривание папиросы, изображение домика или человека. По самому глубокому своему существу топологично, а не метрично завязывание и развязывание узла, надевание резинового колечка на коробку, набирание кружкой воды из водовместилища и т.п. Во всех этих случаях вопрос об успехе движения решается по его качественному (топологическому), а не метрическому результату: узел вышел или не вышел, колечко наделось или прошло мимо, кружка попала в ванну или нет, пролила набранную воду или нет и т.п. Поэтому получается, что у атактика, испытавшего распад уровня пространственного поля, значительная часть движений уровня действий не гибнет, и страдают только те предметы действия, которые существенно нуждаются в метрических фонах из уровня С.
          Во-вторых, описанное сейчас качественное, смысловое преобразование пространства, свойственное уровню действий, тесно связано с формированием самого *понятия предмета*. Оно совершается не беспричинно и абстрактно, а представляет собой одну из сторон эволюции геометрического (зрительного или осязательно-проприоцептивного) образа - цветного, весомого, смещаемого и т.п. - в обобщенный смысловой образ вещи или предмета. Для геометрического образа существенна его форма и метрика; для предмета то и другое весьма второстепенно. Бесспорно, метрика является определяющей для таких предметов специального назначения, как линейка, лупа, лезвие ножа, транспортир. Но что существенно, например, для чашки как объекта для смысловых манипуляций? Ни ее ширина, ни высота, ни обладание круглой или квадратной формой не имеют существенного значения; ей важно иметь сплошные стенки, целое дно и ручку - все признаки чисто топологические. По этим признакам каждый ребенок осмыслит чашку, даже если перед этим он никогда не встречал чашек с подобной метрикой, и сумеет правильно применить ее по назначению. Что существенного содержится в метрике таких предметов, как бутылка, вилка, шпилька, молоток, пуговица, карандаш? Конечно, каждый из нас испытал бы мало удовольствия, если бы его обули только в топологический, но не метрический ботинок, - но уже было упомянуто о значимости в некоторых ситуациях метричных фонов.
          *Время* проделывает не меньший путь развития от уровня к уровню, но его эволюция изучена меньше. В уровне синергии оно всего яснее проступает как ритм (т.е. как временной узор); в уровне пространственного поля - как момент (например, при прицеливании), синхронность, длительность, скорость. В уровне действий оно выступает как смысловая или причинная последовательность; как связь сукцессивных элементов цепи, из которых слагается действие. Время организуется в предметном уровне тоже не метрически, а топологически или категориально: в нем откристаллизовываются элементы "прежде", "потом", "post hoc" и "propter hoc".
          Эволюция взаимоотношений пространственных и временных синтезов с афферентными и эффекторными системами соответственных уровней складывается существенно по-разному. Пространственные синтезы на всех уровнях теснее связаны с афферентацией. На уровне С они образуют объективированное внешнее поле для упорядоченной экстраекции чувственных восприятий. На уровне действий они создают предпосылки для смыслового упорядочения мира, помогая вычленению из него объектов для активных манипуляций. Так из афферентации вырастает (субъективное) пространство, из пространства - предмет, из предмета - наиболее обобщенные объективные понятия. Наоборот, временные синтезы на всех уровнях стоят ближе к эффекторике. На уровне синергии они влиты в самый состав движения, воплощая его ритмовую динамику. На уровне пространственного поля они определяют скорость, темп, верное мгновение для меткого активного реагирования. На уровне предметного действия время претворяется уже в смысловую связь и цепную последовательность активных действий по отношению к объекту. Из эффекторики вырастает таким путем (субъективное) время, из времени - смысловое действие; из последнего на наиболее высоких уровнях - поведение; наконец, верховный синтез поведения - личность или субъект. Здесь представляет бесспорный интерес то обстоятельство, что, согласно закону Bell и Magendie, не только у древнейшего (спинного и стволового) мозга афферентационной стороной является его *спинная* (у человека - задняя) сторона, но и кортикальные поля, как связанные непосредственно с сырой рецепторикой, затылочные, височные и заднецентральные, так и интермедиарные поля теменной доли, связанные со смысловой организацией категорий пространства и объекта, заполняют собой *задние* же половины больших полушарий. Таким образом, эволюционная цепочка "афферентация пространство метрическое и топологическое - вещь - объект в его наивысшем обобщении" с самого начала и до конца остается связанной с задними отделами мозга. Наоборот, цепочка "эффекторика - время - субъект" точно так же на всех уровнях проявляет более близкое системное сродство с передними, эффекторными отделами мозга и сильнее дезорганизуется при соответственно локализованных болезненных очагах. Это своеобразное развитие и продолжение закона Bell и Magendie находит свое отражение и в локализации рабочих аппаратов уровня действия, как будет вскоре показано.
          Точно так же, как пространство и время, *предмет* не впервые появляется на сцену в двигательных актах уровня действий. Наоборот, взаимоотношения движущегося органа с предметом имеют по необходимости место на всех уровнях построения, но только строятся во всех них по-разному. Это стоит отметить хотя бы для того, чтобы предостеречь от причисления к уровню действий при систематизации движений или диагностике их нарушений того, что к нему безусловно не относится.
          Схватывание и держание предмета встречаются у человека уже на самом низовом уровне построения - на рубро-спинальном уровне А, начиная от тонических фиксаций, наблюдаемых у новорожденного ребенка с первых же дней жизни (см. гл. VII). Уже не в роли ведущего уровня, как у младенца, а в порядке реализации фонов уровень А участвует в акте схватывания и держания предмета и у взрослого. Именно он обеспечивает то безукоризненное обхватывание, облегание вещи пальцами при любой форме, которое навело Bethe на практически ценную мысль об устройстве обхватывающего кистевого протеза, но при этом на неправильное теоретическое обобщение. Он был не прав в том, что сблизил этот механизм приспосабливания кисти к форме вещи, механизм "скользящего сопряжения", не с явлениями пластического или текучего юкскюллевского тонуса, как бы следовало, а с механизмами компенсационного приспособления при локомоциях, которые, как мы видели, реализуются гораздо выше, уже на уровне пространственного поля. Это привело к попытке отождествления двух механизмов, ни анатомически, ни функционально не имеющих между собой ничего общего, и отдалило Bethe от правильного решения вопроса.
          *Уровень синергии* участвует как фон в целом ряде предметных движений - либо косвенно, через поддерживание локомоции, в свою очередь играющей роль фона в предметном действии, либо в порядке осуществления прямой фоновой синергии. Однако непосредственно с предметом как таковым этот уровень общается мало. Явственные предметные компоненты мы находим вновь только *в уровне пространственного поля*. Предмет представлен в этом уровне очень разнообразно.
          Во-первых, он фигурирует в нем как пункт для приложения сил, как физическое тело, нечто весомое и смещаемое. Мяч в спортивной игре\* ядро или диск в соответствующих упражнениях - это не предметы, как объекты или орудия действования из уровня D, а вещи из уровня пространственного поля, обладающие определенной формой и консистенцией, весомые и смещаемые, в сущности, - материальные точки, в качестве каковых их и приходится очень часто рассматривать в биомеханике.
          Во-вторых, предмет в уровне пространственного поля - это нечто такое, что можно взять, достать, положить, принести, забросить, засунуть, выхватить. В этом направлении очень интересны наблюдения над животными, для которых уровень действий или вовсе недоступен, или труден. Если курица видит корм, находящийся за решеткой, то она в состоянии реагировать на него только в уровне пространственного поля, т.е. бесплодно рваться к нему по оптической прямой кратчайшего расстояния. Собака или обезьяна уже довольно легко переключается в подобном случае на уровень предметного (цепного) действия, идет не к объекту, а прочь от него, туда, где в решетке есть калитка, т.е. включает в свое поведение два последовательных взаимно обусловленных акта, первый из которых имеет мотивы не пространственные, а смысловые отношения. Высшие обезьяны способны в аналогичной ситуации подняться до применения орудия (например, сходить за палкой). Но та же обезьяна, прежде чем произвести что-либо с предметом на уровне действий (например, соорудить башню из ящиков, чтобы достать высокоподвешенный плод), будет некоторое время бесплодно (на этот раз буквально) подпрыгивать и рваться к нему, пытаясь схватить его по прямой линии на уровне пространственного поля.
          В-третьих, к уровню пространственного поля приходится причислить и некоторые случаи манипулирования предметом, т.е. случаи, которые по первому взгляду прямс напрашиваются на причисление их к уровню действий. Получив, например, в руки деревянное разъемное яйцо, полуторагодовалый ребенок (здесь приходиться точно оговаривать возраст) или высшая обезьяна способны осмыслить его как вещь, которую можно и которую стоит раскрыть. Их афферентации, таким образом, начинают уже подбираться вплотную к уровню действий. Но и ребенок, и обезьяна подходят к решению возникшей задачи чисто геометрически: раз яйцо раскрывается в стороны, значит для раскрытия надо и тянуть его половинки прямо в стороны. Это и предпринимается с напряжением всех сил, что нередко приводит в результате к тому, что как половинки яйца, так и его содержимое разлетаются во всех направлениях. Движения обоих ведет геометрический образ раскрывающегося яйца, а не предметный опыт, который мог бы подсказать им гораздо более надежные приемы открывания, расходящиеся с этим геометрическим образом (покачивание, откручивание и т.п.). Только тогда, когда это будет постигнуто, можно будет говорить о том, что действие открывания переключилось на предметный уровень.
          Итак, целый ряд случаев общения с предметом надо с самого начала исключить из описи движений, ведущихся на уровне действий: в первую очередь *движения хватки*, не только простой пластической (держание яблока, кольца, ручки чемодана и т.п.), но и квалифицированной хватки рабочего инструмента, и, далее, все те формы обращения, в которых предмет фигурирует как *материальная точка* в пространстве или ведет движение как *геометрический образ*. Все эти движения и расстраиваются при поражениях соответствующих низовых уровней, в то время как при них всегда уцелевают те из движений предметного уровня D, в которых фоны пространственного поля принимают лишь второстепенное участие, например движения одевания, умывания, утирания полотенцем, открывания коробки и т.п.
          Прежде чем обратиться к перечням конкретных целостных двигательных актов уровня действий, мы должны кратко резюмировать их общие характерные черты при полноценной работе соответствующих отделов центральной нервной системы - общую характеристику тех двигательных действий, которые можно было бы назвать "праксиями".
          Движения в уровне предметного действия представляют собой *смысловые акты*, т.е. это не столько движения, сколько уже элементарные поступки, определяемые смыслом поставленной задачи. Надеть и застегнуть пальто, смазать лыжи мазью, загнать футбольный мяч в ворота противника, культурно съесть яйцо, запечатать письмо в конверт, очинить карандаш, обстругать плоскость доски - вот ряд примеров простейших предметных действий; и каждое из них представляет собой совокупность движений, которые в целом решают определенную смысловую задачу. В преобладающем числе случаев эти действия строятся как сукцессивные цепи, более или менее сложные по составу и имеющие в качестве связей между составляющими элементами не пространственные (кинетические, геометрические), а смысловые мотивы, не сводимые к простым перемещениям вещей в пространстве или преодолеванию сил.
          В случаях, когда действие на уровне D является подобным цепным процессом, среди движений-звеньев, образующих его двигательный состав, можно по большей части вычленить *ведущие движения-звенья*, реализующие существенные смысловые этапы действия, и *вспомогательные* или фоновые, играющие второстепенную по смыслу, но нужную служебную роль. Такими вспомогательными движениями-звеньями являются прежде всего всякого рода возрастные холостые движения (пиление, строгание, резание, штрихование и пр.) и движения замаха (ударные рабочие операции), а затем и многочисленные самостоятельные сукцессивные звенья подсобного назначения: взять орудие и опять отложить его по использовании, придвинуть вещь, придержать, смахнуть рабочие отходы и т.п.
          Признак вариативности проявляется в актах этого уровня новым и очень характерным образом. Для уровня В показательным являлось почти полное отсутствие вариативности траекторий и поз, т.е. стойкая связь между сутью данного движения и его пространственно-кинематическим рисунком, подкрепленная еще во многих случаях явлением динамической устойчивости. На уровне С мы встретились уже с явлением широкой допускаемой взаимозаменяемости поз и траекторий и даже взаимозаменяемости исполнительных органов при точном, или инвариантном, отношении только к финальным, целевым координатам. В уровне действий вариативность, или взаимозаменяемость, идет еще дальше. И локализация уровня действий в коре, принесшей с собой в нервную физиологию максимальные возможности переключаемости и экстемпоральности, и ведущая роль в данном уровне смысловой стороны более или менее сложных манипуляций с предметом - все сообща ведет к огромному возрастанию в нем приспособительной вариативности. Даже в наиболее привычных, профессиональных, высокоавтоматизированных действиях в двух последовательных одинаковых операциях кряду не повторяются в точности ни номенклатура последовательных звеньев цепи, ни их порядок, ни число повторений отдельных звеньев. Здесь легко заменяются одни другими не только траектории или исполнительные органы, но и целые звенья цепи, которая реализует данное действие. Если мастеру нужно согнуть по длине вдвое узкую полоску жести, то цепочка его движений в целом ведется требуемым результатом, самые же движения-звенья цепочки могут бесконечно разнообразиться. Он попробует сделать сгиб руками или плоскогубцами, в тисках или без них, постучит или не постучит по сгибу молотком (сперва еще достав его из шкафа посредством движения из инвентаря уровня пространственного поля), придавит или придержит изделие тем или другим приемом и жестом и т.п. Не говорим уже о том, что все имеющееся в предметном действии не от метрики, а от топологии (т.е. как раз самое характерное для этого уровня) по самой сути предполагает вариативность или индифферентность по адресу точной пространственной координаты. Неизменной и строго выдерживаемой остается всегда только основная, результативная суть действия, и как раз во имя ее максимально строгого выдерживания все вспомогательные, фоновые компоненты лавируют и приспособляются в очень широких пределах. Однако в этой переключаемости и вариативной взаимозаменяемости элементов нельзя не заметить двух очень существенных и характерных ограничений, каждое из которых скрывает за собой целую физиологическую проблему. Мы вернемся к этому вопросу несколько ниже в связи с анализом двигательного состава действий.
          Одна особенность движений в предметном уровне, тесно связанная с рассмотренной выше смысловой организацией пространства, дает для них признак, правда, лишь негативный, но зато очень выразительный и часто хорошо пригодный для распознавания движений предметного уровня и для уловления момента его онтогенетического вызревания над более ранним по генезу уровнем пространственного поля. Дело в том, что движение в предметном уровне ведет не пространственный, а смысловой образ, и двигательные компоненты цепей уровня действий диктуются и подбираются по смысловой сущности предмета и того, что должно быть проделано над ним. Поскольку же эта смысловая сущность далеко не всегда совпадает с геометрической формой, с пространственно-кинематическими свойствами предмета, постольку среди движений-звеньев предметных действий вычленяется довольно высокий процент движений, ведущих не туда, куда непосредственно зовет пространственное восприятие и осмысление предмета. Выше, при разборе предметных движений уровня пространственного поля было уже приведено несколько примеров двигательных актов, в которых движение ведется пространственным образом; в одних из движений этого рода уровень пространственного поля оказывался достаточным и адекватным, в других - приводил к полному или частичному неуспеху всего предприятия. Процедура споласкивания кисточки в стакане с водой при рисовании на *бумаге*, открывания подъемной крышки шкатулки путем прижатия ее *книзу*, извлечения винта из доски посредством не вытаскивания, а вращения его, поворачивания лодки против часовой стрелки путем поворота рулевой пластины по часовой стрелке - все это примеры сукцессивных составляющих, ведущих "не туда", расходящихся с прямой геометрической логикой действия предметом. Совершенно правильна забота конструкторов том, чтобы в сложных механизмах геометрическая логика рычагов управления совпадала с предметной, технологической логикой: прекрасным примером могут служить хотя бы органы управления современных самолетов. Впрочем, автоматизируемость предметных актов, постоянно изобилующих компонентами из категории "не туда", так велика, а описанная выше иллюзия непосредственного срастания своих органов с органами машины или инструментом так действенна, что были, например, случаи, когда летчики времен первой мировой войны, до стандартизации летательных машин, с удивлением узнавали от механиков, что схема управления того самолета, на котором они только что впервые в жизни летали, прямо противоположна общепринятой и привычной им за весь их предыдущий стаж. Выучиться ездить на велосипеде, скрестив руки так, чтобы правая кисть держала левую ветвь рулевой вилки, а левая - правую, гораздо легче, чем может показаться на первый взгляд.
          Итак, в отношении к предмету смысл действия уровня D состоит уже не в его перемещениях, а в гораздо более разнообразных и сложных формах изменения окружающей действительности. Зажигание спички, бритье, стирка, варка пищи, чистка башмака - в быту, изоляция электропроводки, крашение, сварка, заклепка, шлифовка и т.п. - на производстве представляют собой примеры простейших действий, результат и смысл которых явственно выходят за пределы перемещения вещей в пространстве. Производственные процессы особенно очевидны в этом отношении и не нуждаются в отдельной мотивировке. Орудие, как и предмет, мыслимо и на уровнях ниже предметного (например, крокетный молоток, теннисная ракетка, хоккейная клюшка и т.п.), и то новое, что вносится в движения предметным уровнем, состоит не столько в факте применения орудия, сколько в способе и задаче этого применения.
          Не менее характерными чертами обладают двигательные акты уровня действий и в отношении их *двигательного состава*. Прежде всего привлекает к себе внимание большая и специфическая *упражняемость* действий, их высокая *автоматизируемость* и свойственность этим актам явления, получившего в литературе обозначения высших автоматизмов, предметных навыков, сноровок, scilled movement, Handfertigkeiten и т.п. Эти сноровки, или высшие автоматизмы, настолько многочисленны, настолько широко присущи и бытовым, и профессиональным действиям, наконец, настолько своеобразны по их качествам, что возникает настоятельное предположение, не представляют ли они собой все в совокупности особого координационного уровня, фонового по отношению к обслуживаемому ими уровню смысловых цепей - действий, но расположенного выше всех ранее описанных. Бесспорно, что эти сноровки никогда сами по себе не являются предметными действиями, т.е. не содержат в себе определяющей смысловой компоненты. Это подтверждается и тем, что при агностической и идеаторной формах апраксии они могут полностью сохраняться, но при этом, лишенные смыслового управления, приводят к абсурдным результатам. При дементном распаде психики точно так же встречаются вполне сохранные автоматизмы с нелепыми результатами: старчески дементная больная прекрасно вяжет чулок с двенадцатью пятками, пациент-шизофреник пишет щегольским почерком бессмысленные персеверации букв и т.п. Автоматизмы являются в предметном действии не смысловыми элементами, а техническими средствами, и это уже доказывает, что сами по себе они организуются где-то ниже предметного уровня.
          Предположение, что высшие автоматизмы образуют свой особый уровень, подчиненный предметному, как будто подкрепляется еще и тем, что они имеют и свою особую локализацию в коре, разумеется, локализацию только в смысле местоположения очагов, обусловливающих их выпадение: именно они и разрушаются при поражениях так называемых премоторных полей коры (см. ниже), и в их выпадении как раз и состоит то, что носит название премоторного синдрома. И тем не менее это предположение неверно, и природа всех высших автоматизмов описываемой категории совершенно иная.
          Прежде всего надо отметить, что с явлением автоматизации мы встречались уже и раньше, при описании работы уровня пространственного поля, и там было установлено, что это явление сводится к постепенно совершающемуся переключению ряда фоновых компонент сложного двигательного акта на нижележащие уровни, туда, где для них обретаются наиболее адекватные сензорные коррекционные синтезы. Нет убедительных причин отвергать подобный же механизм и для образования высших, предметных автоматизмов.
          Далее, внимательный анализ всевозможных высших автоматизмов (фактически выполненный нами над большим числом объектов при помощи циклограмметрического метода), как бытовых, так и профессиональных, спортивных, военных, навыка скорописи и т.д., убеждает в том принципиально решающем обстоятельстве, что ни один из них не содержит ни в своих координационных коррекциях, ни в своем двигательном составе ничего, что выходило бы за пределы работы уже известных нам и ранее описанных уровней. Мы не обнаруживаем по отношению ни к одному из этих автоматизмов особого сензорного синтеза, а это ведь и определяет в самом основном наличие и состав самостоятельного уровня построения. Ни в одном из этих высших автоматизмов не находится каких-либо новых черт характера или стиля координационного процесса, каких-либо новых особенностей вариативности, переключаемости, переноса, сбиваемости, словом, чего-либо из всех тех свойств и признаков, наличие которых необходимо для присуждения определенному двигательному контингенту степени "уровня".
          Переходя от негативных аргументов к позитивным, мы убеждаемся далее в том, что каждый высший автоматизм обязательно носит явственные и неоспоримые черты одного из уже известных нам уровней построения, начиная от уровня С и далее книзу. Все их координации при внимательном анализе изобличают в них то свойства пространственного поля (например, автоматизмы удара молотком у кузнеца, движений с напильником или ножовкой у слесаря), то свойства уровня синергии (например, движения вязальных спиц, смычка скрипача и т.д.), то даже свойства рубро-спинального уровня (хватка ручки инструмента или станка, катание пилюль и т.п.). Все критерии, по которым мы можем в настоящее время производить анализы уровневой принадлежности, и на первом месте между ними, разумеется, критерий определяющего сензорного синтеза, "поля", неизменно приводят во всех случаях к приписке этих двигательных компонент предметных действий в один из нижележащих, допредметных уровней. У более сложных автоматизмов возможно найти целую иерархию реализующих их уровней с настоящими фоновыми структурами, так сказать, второго порядка.
          Как общее правило, предметный уровень не находит подобных сноровок, или автоматизмов, в готовом виде в инвентаре нижележащих уровней и вынужден их специально вырабатывать для осваиваемых им действий. Характерным свойством автоматизмов этой категории является их *благоприобретенность*. Процесс их выработки имеет ряд особенностей, проливающих свет и на их центрально-нервную структуру. Осваиваемый впервые двигательный элемент цепного предметного действия строится первоначально целиком из единичных сознательных произвольных компонент, реализуемых чаще всего через пирамидную эффекторную систему. В этой стадии (у абсолютного новичка) вырабатываемый автоматизм очень напоминает собой остатки аналогичного автоматизма у премоторного апрактика; движение разрознено, беспомощно и пробивается вперед только на костылях активного, сознательного внимания, часто сопровождаясь широкими иррадиациями эффекторного возбуждения, бесполезными синкинезиями и т.д. Если эффекторные приборы уровня действий функционируют правильно, то постепенно кортикальные афферентации начинают сменяться афферентациями нижележащих уровней; мало-помалу увеличивают свой удельный вес экстрапирамидные слагающие; в движении образуются компоненты несознаваемые, непроизвольные и все более адекватные. Активное внимание разгружается, разгружается и ведущий уровень, который вместо всех решительно деталей движения оставляет за собой лишь те, которые существенно нуждаются в его специфических афферентационных качествах. Движение автоматизируется.
          Этот процесс прижизненной активной выработки автоматизмов указывает на то, что хотя сам по себе автоматизм не содержит в себе ничего, кроме компонент уровня пространственного поля и еще ниже лежащих уровней, и хотя в выработанном виде он и реализуется полностью на этих подчиненных уровнях, но в самих этих уровнях и в их ведущих афферентациях нет и не может быть мотивов ни к формированию, ни к вызыванию ("экфории") тех двигательных и координационных комбинаций, которые мы относим к классу высших автоматизмов. Все техническое, координационное управление ими осуществляется полностью на тех или иных низовых уровнях, но возникновение, выработка и отшлифовка этих комбинаций, а также пуск их в ход по мере надобности возможны не иначе, как по мотивам и побуждениям, исходящим из уровня действий. Какие могли бы быть причины к тому, чтобы производить те или другие точные и налаженные движения иглой, рубанком, резцом, микрометром микроскопа, наконец, пером, пишущим эти строки, если бы эти движения оказались в какой-то момент самодовлеющими, законченными в себе не только в своем двигательном составе, но и в своей смысловой структуре и сути? Так, например, техника вколачивания гвоздя молотком есть типичное баллистическое целевое движение в уровне пространственного поля, еще и со своими вспомогательными фонами из уровня синергии (междусуставная координация, борьба с реактивными силами и пр.), и его основные черты - сила удара, меткость попадания - корригируются афферентацией пространственного поля. В то же время ведущий координационный контроль над этими движениями выполняется уровнем предметного действия, уже осмысляющим весь процесс в целом и решающим основную смысловую задачу: "чтобы гвоздь был вбит". Именно этот уровень определяет, нужно ли в очередной раз ударить сильно или слабо, прямо или вкось, или постучать по согнувшемуся гвоздю сбоку, или перестать ударять, когда гвоздь вошел на требовавшуюся глубину. Именно в этом уровне, и только в нем одном, содержатся мотивы к выработке навыка размашного стучания молотком, имеющего смысл только применительно к указанной задаче.
          По поводу описываемых высших автоматизмов и было сказано в начале этой главы, что контингенты движений уровня пространственного поля у человека много богаче, чем у каких бы то ни было животных: у этих последних нет мотивов к образованию подобных контингентов, хотя и есть налицо немало фактических двигательных, координационных возможностей к этому, что доказывается их дрессируемостью. Вспомним (чтобы не рыться слишком долго в цирковых программах) хотя бы эльберфельдских лошадей или речь попугаев. "Заяц, ежели его бить, спички может зажигать", как заметил один из героев чеховских рассказов. В том-то и дело, что человек зажигает спички по иным побудительным мотивам.
          Анализ высших автоматизмов вскрывает нам физиологическую роль *премоторных систем*, разрушение которых приводит к общей *деавтоматизации* действий уровня D, к потере всякой возможности как экфории, так и нового формирования высших автоматизмов. Очевидно, в норме премоторные системы работают как своеобразные *посредники* (хотелось бы назвать их "экформаторами", если бы не уродливость пристегивания латинского суффикса к греческому корню), устанавливающие и поддерживающие связь между кортикальными констелляциями уровня действий, с одной стороны, и нижележащими уровнями построения - с другой. Это заключение хорошо подкрепляется фактом изобилия и хорошо изученными направлениями проводящих путей от премоторных полей коры как к пирамидным полям и pallidum, так и к лобным долям полушарий, через которые устанавливается, таким образом, связь премоторных систем с мощным лобно-мосто-мозжечковым трактом. Передача, осуществляемая премоторными системами, совершается не на нижележащие эффекторы, а именно на уровни как целостные образования с принадлежащими им и афферентационными, и центрально-замыкательными, и собственными эффекторными аппаратами. В чем именно состоят импульсы, посылаемые премоторными полями, пока еще совершенно невозможно сказать, но несомненно, что эти поля так или иначе играют в системе уровня действий глубоко своеобразную роль эффектора особого рода. Выбытие их из строя разом лишает систему уровня действий выхода на эффекторную периферию по всем линиям, кроме тех немногочисленных и чрезвычайно абстрагированных собственных коррекций, о которых говорилось выше.
          Теперь уместно вернуться к вопросу о вариативности двигательного состава действий, обратившись к нему с новой точки зрения. Если раньше, при анализе смысловой структуры действий, мы должны были констатировать очень далеко идущую вариативность и поэлементную взаимозаменяемость в их двигательном составе, в комбинировании между собой отдельных двигательных элементов цепи, так сказать, в составлении слов из элементов - букв, то теперь необходимо отметить наличие вариативности и в самих по себе элементах двигательного состава - в самих буквах. Не только число и последовательность стежков иглой или движений скальпелем у хирурга или поворотов сверла у механика меняются от операции к операции, но и сами по себе движения руки с иглой, скальпелем, косой, напильником, дрелью и т.п. никогда в точности не повторяют друг друга. И тут обнаруживается, что отдельные двигательные элементы (все равно, одновременные или сукцессивные) чрезвычайно резко разнятся между собой по степени их внутренней вариативности. Тут же рядом, один вслед за другим, могут встречаться два элемента цепи, два автоматизма, один из которых стоек, как черты лица, другой изменчив, как его выражение. Приглядываясь пристальнее к тем и другим, мы можем теперь легко установить и причину этой, так сказать, "вариативности вариативности". Каждый из этих фонов сложного цепного акта действия *вариативен в меру того фонового уровня, на котором он построен*. Таким именно образом автоматизмы, представляющие собой координационные комбинации на уровне синергий, вариативны в самой малой степени; реализуемые на уровне пространственного поля, обладают той максимальной степенью переключаемости и "пластичности", которая постоянно присуща этому уровню, и т.д.
          В гл. V было уже упомянуто о признаке "специфической вариативности", характеризующем разные уровни построения, - признаке, принимающем во внимание как количественные, так и главным образом качественные особенности наблюдаемых вариаций. Этот признак может быть с успехом применен не только для определения уровневой принадлежности самостоятельных движений, но и для оценки структуры и этажности фоновых "высших автоматизмов" уровня действий.
          Вторая характерная черта вариативности двигательного состава действия связана с четко проступающим различием между *правой и левой рукой*, с наличием доминантной (ведущей) и субдоминантной стороны тела и т.д. Ни в движениях уровня пространственного поля, ни в моторике еще ниже лежащих уровней эта разница почти или вовсе не заметна. В уровне синергии прикованность движений и коррекций к осваивающим их конечностям настолько значительна, а вариативность и переключаемость настолько низки, что функциональные различия правой и левой руки трудно заметить: они полностью маскируются несмещаемостью стереотипов этого уровня. Но в уровне пространственного поля левая рука во всех случаях легко заменяет правую, и обычно различия в точности, меткости и беглости рук здесь ничтожны. Достаточно вспомнить, например, работу обеих рук при игре на фортепиано, арфе и т.п. Это обстоятельство стоит, конечно, в непосредственной связи с тем, что только с субстратов уровня действий (D) начинается неравно ценность правой и левой стороны. Здесь определяется доминантное полушарие, как правило, то, в котором помещаются центры речи, и именно здесь вступает в силу заметное отставание одной стороны тела от другой и по ловкости движений, и по усвояемости навыков (оказывая затем уже вторичным, отраженным путем известное влияние и на двигательный багаж нижележащих уровней). Бесспорно, не случайно и заслуживает внимания, что ни в одной из геометрических конфигураций, доступных восприятию и графическому воспроизведению на уровне пространственного поля, не имеет места различие между левой правой стороной, например, между лево- и правосторонними взаимно симметричными орнаментальными фигурами. Очень нетрудно запомнить и потом опознать на большом сводном листе ранее предъявлявшуюся на несколько секунд неравнобокую геометрическую фигуру, но чрезвычайно трудно запомнить при этом ее правую или левую ориентированность и не сделать ошибки при узнавании, если в свободной таблице имеются как правый, так и левый вариант. В то же время знаки, воспринимаемые в *уровне действий*, - буквы, цифры или условные шифровые значки, запоминаются и воспроизводятся с точным различием правых и левых вариантов и, за исключением детей, наклонность которых к зеркальному писанию букв как раз объясняется недоразвитием у них уровня действий (см. гл. VII), каждый без колебания различает наделенные смыслом знаки И и N, Я и R и т.д.
          Если теперь обратиться от нормы к патологии, к анализу тех клинических синдромов, называемых апраксиями или диспраксиями, изучение которых и помогло в самом основном установить существенные позитивные черты уровня действий, то после всего изложенного определение и систематизация этих синдромов не представят особых затруднений. Разумеется, мы коснемся здесь клинических картин не более чем это необходимо для уяснения основных предметов изложения.
          Опираясь на введенные выше понятия смысловой структуры и двигательного состава моторных актов, можно коротко и с достаточной точностью сказать, что болезненные или травматические *очаги в нижне-теменных отделах полушарий* (с особенной выразительностью - в ведущем, обычно левом полушарии) влекут за собой *нарушения в смысловой структуре* сложных двигательных актов или действий, а *очаги в премоторных полях* - *нарушения в их двигательном составе*.
          Нижне-теменные синдромы (среди них различают несколько нюансов, именуемых агностической, амнестической и идеаторной формами) можно объединить под общим названием *сензорных, или гностических, апраксий*, оттеняя этим их своеобразно афферентационный характер; по имени впервые детально изучившего их автора они заслуживают названия апраксий Liepmann. Во всех этих разновидностях поражается смысловая структура предметного действия. И по локальной, и по функциональной близости апраксий этой категории часто сопутствуются аптическими и слуховыми агнозиями, алексией, сензорной афазией и т.п. Действия, избирательно страдающие при поражениях этого рода, чаще всего представляют собой сложные смысловые цепи, сукцессивные последования движений, объединяемых общностью смысла и цели разрешаемой двигательной задачи. В связи с этим нарушения смысловой структуры, характерные для апраксий Liepmann, обычно представляют собой смысловые искажения подобных цепей. При этом либо происходит полный распад общего плана движения, либо этот план остается целым в своих основных контурах, но при его реализации наступают разнообразные нарушения. Или из цепи выпадают отдельные звенья, что обессмысливает всю цепь, или наоборот, в нее впутываются звенья, не относящиеся к делу или имеют место нарушения смыслового порядка следования звеньев, самих по себе верных, или обрывы цепи до ее завершения, или, наконец, соскальзывание на смежные смысловые цепи, нередко даже не в силу их сбивающего сходства, а в порядке персеверации элементов цепи, предпринимавшейся перед этим. Естественно, что при синдроме Liepmann сложные смысловые цепи по большей части страдают сильнее, нарушаются раньше, чем более простые; элементарные предметные действия, как, например, одевание, самообслуживание, рассматриваются меньше. Движения больных при этих формах апраксий не дискоординированы и не аморфны; они только перепутаны и не адекватны смыслу действия. То, что здесь нарушаются именно основной проект движения, а не техника выполнения его деталей, лучше всего подтверждается тем, что подражание цепным действиям, выполняемым на глазах больного другим лицом, удается больному легче, чем спонтанное (самопроизвольное) выполнение, поскольку этим путем больной получает подсказ номенклатуры и последовательности двигательных звеньев цепи, а реализация каждого из них самого по себе у него не нарушена в силу интактности двигательного состава его действий. Нарушения смысловой структуры могут проявляться и в более тонких формах, вскрывая лежавшие в их основе либо расстройства осмысляющего восприятия *пространства*, либо дефекты осмысления предмета как орудия или объекта манипуляций. Это уже переходная область к агнозиям, с которыми фактические картины (не оголенные схемы) апраксий Liepmann не имеют резко проложенной границы.
          Тесная связь уровня действий с фоновыми уровнями и легкость, с какой эти последние вовлекаются в норме в подчиненное сотрудничество с ним, открывают возможность для еще одного классификационного подразделения сензорных апраксий, намеченного А. Лурия. Это подразделение базируется на том, какими именно фонами оснащенные двигательные акты преимущественно и избирательно страдают при данной форме поражения, и подчеркивает, что в разных случаях (может быть, при разных локализационных нюансах, пока еще не известных) избирательно задеваются связи субстратов уровня действий с субстратами тех или иных различных низовых уровней. Нарушение связей с уровнем синергии дает то, что Лурия обозначает как "апраксию позы", разрыв с уровнем пространственного поля - "апраксию пространства", наконец, какие-то эссенциальные нарушения в самих субстратах уровня действий - апраксию в узком смысле слова, характеризуемую преимущественно непорядками в символических или связанных с гнозисом отправлениях этого уровня. Эта классификация обещает многое, хотя и нуждается еще в дальнейшей разработке.
          Вторая группа апрактических расстройств с локализацией очагов в премоторных полях также включает несколько разновидностей, которые можно объединить под общим названием кинетических, или премоторных, апраксий, или, в pendant к апраксиям Липмана, под именем апраксий Клейста. Эти синдромы представляют собой в противоположность предыдущим нарушения в протекании двигательного состава действия при сохранности всей основы его смысловой структуры. Как и у сензорного апрактика, у премоторного больного нарушены механизмы реализации действия; и у него подорван мост, ведущий от (интактного) понимания задачи к ее разрешению, но подорван он в другом пролете. По характеристике Клейста, в противоположность сензорной апраксий последовательность звеньев данного действия остается целой, но выполнение отдельных звеньев оказывается дефектным; наступает "огрубление и искалечение двигательной формы, узнаваемой еще по ее общим контурам" (Kleist). Как отмечает этот автор, нарушение проявляется далеко не с одинаковой силой для разных видов движений.
          Премоторный больной в состоянии правильно спроектировать действие в отношении его двигательного состава, в состоянии даже наметить и расписать по партиям ту партитуру движения, которая была образно упомянута выше, но он становится беспомощным в осуществлении его элементов. Уже поверхностное наблюдение отмечает, что движения его неловки, тугодумны, лишены непринужденной непосредственности. Он как бы скандирует их, читает свои движения по складам. Психологически пассивные элементы, чередующиеся во всяком движении с активными: опускание руки после выполнения поднятия, опускание кнопки после нажима на нее, расслабление после напряжения и т.п. - все это у него одинаково активно, тресивных элементов. Из единого замкнутого акта, включающего в себя и активную, и пассивную часть, движение превращается в последовательный акт не слитных, сплошь активных перемещений, из плавного делается толчкообразным, саккадированным, похожим на гимнастические движения по команде. Единая "кинетическая мелодия" привычного движения, в норме текущая автоматически, превращается в серии единичных, деавтоматизированных актов. Схема заменяется суммой.
          Нарушения в протекании двигательного состава действия сказываются с особенной яркостью в важнейшем из признаков премоторной апраксии, являющемся, может быть, наиболее точным ее определителем: в глубоком распаде двигательных навыков, т.е. в деавтоматизации смысловых или предметных цепей. Как отметил уже Н. Jackson, при апраксии этого типа выпадают не элементарные, подкорковые автоматизмы (т.е. не возникает деавтоматизациии движений, ведущихся нижележащими уровнями построения. - Н.Б.), а высшие кортикальные автоматизмы, т.е. механизмы осуществления сложного действия по единой динамической схеме.
          Все, что у нормального субъекта в его обыденной предметной деятельности совершается автоматизированно, само собой, бессознательно и с привычной ловкостью: застегивание пуговицы, зажигание спички, расчесывание волос и т.п., при наличии премоторного очага резко деавтоматизируется, становится неуклюжим и неудачливым, как делаемое ребенком первый раз в жизни. Безвозвратно утрачиваются более тонкие профессиональные и художественные навыки, и в последующем даже самое упорное, настойчивое, длящееся целые месяцы упражнение не в состоянии восстановить и простейшего из них. Более глубокий анализ показывает, в каком именно звене разрываются связи у больного описываемого типа. Премоторный апрактик теряет возможность фактической реализации разверстки компонент движений по фоновым уровням, уже упоминавшейся раньше; в этом-то, несомненно, и заключается самый стержень постигшей его общей деавтоматизации.
          Автоматизация есть с точки зрения излагаемой здесь концепции переключение тех или иных структурных компонент двигательного акта на нижележащие, в данный момент не осознаваемые уровни, что связано и с переключением этих компонент на другие афферентации. Отсюда следует, что *деавтоматизация* - это потеря возможности фонового использования того низового уровня, на которой были раньше переключены те или другие компоненты движения. Такая потеря может быть обусловлена либо *распадом самого низового уровня*, либо же *нарушением функциональной связи* между анатомическими субстратами ведущего уровня и того низового, о котором идет речь. Обе эти формы деавтоматизации могут быть наблюдаемы и по отношению к более низким уровням, нежели уровень действий.
          Хороший пример первой формы деавтоматизации представляет собой разрушение скорописи у паркинсоников. Первопричина испытываемых ими выпадений - распад субстратов уровня синергии - приводит к утрате уже упоминавшейся несущей вибрационной синергии скорописи; эту утерянную синергию им приходится возмещать на уровне пространственного поля, который у них не нарушен. И вот, очень любопытно наблюдать, как паркинсоник с сильным тремором рук, едва способный вывести дрожащим почерком свое имя и фамилию, тут же вслед за этим рисует совершенно твердой рукой заказанный ему кружок или крестик. Письмо, издавна усвоенное им со структурным, фоновым участием уровня синергии, деавтоматизировалось и распалось с его разрушением, а рисование кружка, никогда не бывшее автоматизированным подобным же образом, осталось совершенно незатронутым. Интересно, что и вообще у паркинсоников обычно пирамидные иннервации в гораздо большей степени гасят присущий им тремор конечностей, нежели исходящие в норме из экстрапирамидной системы.
          Вторая разновидность деавтоматизации была уже упомянута выше примерно к тому же паркинсонизму: подразумевается тот встречающийся при этом заболевании синдром, при котором теряется возможность спонтанной ходьбы по неразмеченной поверхности. Выше (см. гл. V) было указано, что в этом синдроме мы имеем дело с формой деавтоматизации ходьбы, зависящей уже не от распада уровня синергии, а от нарушения тех механизмов *перешифровки*, которые выполняют в норме перевод с апериодического языка уровня пространственного поля на периодический или циклический язык уровня синергии. Именно к этому-то второму типу - нарушению механизмов связи или перешифровки - следует отнести и те деавтоматизации, которые характерны для премоторной апраксии Клейста.
          Действительно, при этом синдроме не выпадают никакие движения из нижележащих уровней, не выпадает, в частности, и возможность произвольных движений; следовательно, ни один эффекторный прибор не оказывается при нем выключенным или пораженным. А между тем нарушение движений, свойственное этой форме апраксии, имеет ясно выраженный эффекторный, а не афферентационный характер. Очевидно, эффекторный характер двигательного нарушения при целости как всех анатомических эффекторных звеньев, так и всех опирающихся на них низовых уровней построения может выразиться только в деавтоматизации, обусловленной не нарушением в самих по себе низовых уровнях, а потерей возможности управления ими со стороны уровня действий. При этом теряется только возможность их фонового, автоматизационного использования, в то время как для афферентаций нижележащих уровней эти же эффекторы продолжают оставаться вполне управляемыми. Характеристика наступающих при апраксии Клейста деавтоматизаций может быть еще несколько уточнена указанием, что наиболее резко нарушается при ней автоматизационная связь с уровнем синергии, менее резко - связь с подуровнем stnatum (C1 и в наименьшей степени - связь с пирамидным подуровнем пространственного поля (С2). Это следует как из того, что по мере перехода от наиболее легких форм премоторных поражений к наиболее тяжелым деавтоматизаций выявляются именно в указанном порядке, так и из наблюдений над самим характером и уровневой структурой утрачиваемых автоматизмов.
          Как теперь легко представить себе, премоторный больной может сохранять в потенции все возможности проектировки двигательного состава действия (поэтому он, в отличие от идеаторного апрактика, не путается в порядке и группировании звеньев цепи), но только средства реализовать запроектированную фоновую разверстку у него парализованы. Во-первых, это лишает больного всех *низовых перешифровок*, обеспечивающих в норме и метрику движений, и их ритмизацию, и смену иннервации и денерваций и т.п.\*, отсюда напряженная скандированность его движений, чтение их по складам, как мы выразили это выше. Во-вторых, это лишает больного существеннейшего свойства автоматизмов - их бессознательной регулируемости и ведет к тому, что каждая мелочь в движении требует от него и направленного внимания, и отдельного акта воли. В-третьих же, наконец, это губит все приобретенные им в предшествующей жизни уменья и навыки; по-видимому, гибнут-то здесь даже не сами эти координационные формы, а только их доступность для эйфории; утрачивается и всякая возможность выработки новых. Производит очень тяжелое впечатление, когда интеллектуально полноценный человек после двух-трех месяцев добросовестной ежедневной тренировки не в состоянии освоить даже навыка простого ритмического постукивания пальцем, вроде "спондея-анапеста", и т.д. Об этом не стоило бы, может быть, упоминать здесь, если бы факт сохранности всех низовых уровней у такого больного не давал больших шансов за фактическую сохранность у него и всех навыков; портфель со всеми бумагами цел, потерян только ключик от него. Это уже дает некоторую лечебную перспективу; может быть, не в далеком будущем и удастся если и не найти ключик, так сделать новый.
          В обширном кругу двигательных актов, совершаемых нормальным человеком на уровне действий (D), очень нелегко найти убедительные принципы для классификации.
          Разнообразие как смысловых структур, так и двигательных составов, как точек приложения по существу, так и видов внешнего кинетического оформления столь значительно, что не позволяет уже свести акты этого уровня в таблицу, подобную той, какой было выше закончено описание уровня пространственного поля. Наиболее удобный путь для внесения некоторой системы в царящее в уровне действий исключительное многообразие открывается благодаря характеристической особенности уровня D: богатству очень разнородных и подчас сложных *фоновых структур*, которым и было уделено много места в обрисовке как нормы, так и патологии этого уровня. Не претендуя ни на полноту, ни на выверенную точность, закончим этот раздел изложения эскизом описи видов действий, подразделенных по указанному ведущему признаку. В каждой группе будут даны (лишь очень немногие, взятые совершенно наудачу) примеры соответственных действий из областей: а) производственных, б) бытовых и в) спортивно-игровых процессов.
          **Группа I.** Двигательные акты *со сравнительно малым участием технических фонов* (высших автоматизмов). Сюда войдут предметные ориентировочные движения: ощупывания, разглядывания, примеривания, сравнивания, выбирания и т.п. Сюда же следует отнести всевозможные предметные действия новичка и обходные (компенсационные) действия премоторных апрактиков. Далее, в эту же группу войдут многие цепи из тех, которые можно бы по аналогии с соответственной группой из уровня С назвать топологическим манипулированием с пространством: изображение на бумаге заданной фигуры или значка; схематическое рисование, имеющее место у всех не умеющих рисовать; устанавливание предмета, переворачивание, насыпание, наливание, открывание задвижек, коробок и т.п. Сюда же, видимо, надо включить элементарные движения (например, постукивания) в сложных ритмах. Именно в этой "общечеловеческой" группе предметных действий, не включающей в себя специальных навыков, естественно, легче всего находится материал для разовых диагностических проб на больных.
          **Группа II.** Акты с преобладанием фонового участия в*ерхнего подуровня пространственного поля С2*. К ним относятся действия, технические фоны и навыки которых тесно связаны с точностью, метричностью движений, значимостью оптического контроля: черчение, гравирование, сборка механизмов, манипуляции с точными приборами (счетной линейкой, микрометром, рейтером точных весов и т.п.), операция токаря, хирурга, оптика, резчика, аптекарского лаборанта, часовщика и т.д. Из области бытовых движений в эту группу войдут: вдевание нитки в иглу, накалывание лекарства, заточка карандаша. Спортивных движений, характерных для этой группы, подыскать не удается; из игровых манипуляций к ней подходят действия с головоломками типа шариков в застекленной коробочке, которые нужно раскатать по местам, карточные домики, малоустойчивые фигурки, которые требуется установить в равновесии, игра в бирюльки и т.п.
          **Группа III.** Акты с преобладанием фонового участия *нижнего подуровня пространственного поля С1*. Из производственных действий: движения сцепщика поездов, шофера, паровозного машиниста, опиловщика, шлифовальщика, кузнеца, обойщика мебели, прачки и т.п. Из бытовых операций: глажение утюгом, причесывание, бритье шнуровка обуви, раскатывание теста, перелистывание книги, включение электроприборов, закуривание и т.п. Из гимнастических и игровых движений: влезание по веревке на веревочную лестницу или на дерево, балансирование предметами в положениях неустойчивого равновесия, игра "диаболо" и т.д. Все эти акты в той или иной степени содержат вторичные фоны ("вторым планом") из уровня синергии.
          **Группа IV.** Акты с преобладающим фоновым участием уровня синергии В. Из производственных операций: работа косца, молотобойца, сноповязальщика, землекопа, пряхи; работа, связанная с кручением рукоятей (лебедка, колодезь, ручная типографская машина и т.д.); многие конвейерные операции. Из бытовых действий: вязание на спицах, завязывание узлов, мотание ниток, намыливание и мытье тела, заплетание косы, надевание одежды. Спортивные и игровые движения: французская борьба, дзю-до; в некоторой мере - прыжок с шестом; игры с бечевочным кольцом, из которого образуются различные узоры путем поочередного перенимания его с пальцев партнера. Далее - наука развертывается вне плоскости бытовой морали - сюда же следует отнести шулерские приемы, аналогичные им фокусы "ловкости рук" и многие воровские приемы, в которых, как известно, координация иногда (к сожалению) достигает очень высокого совершенства.
          **Группа V.** Акты с необходимым фоновым участием *как уровня пространственного поля, так и уровня синергий*. Из рабочих и производственных действий - прежде всего письмо и речедвигательный процесс. Далее, операция рабочего при прокатных станах, матроса на парусных судах и другие подобные действия, присущие так называемым опасным профессиям; операции мастера на швейной машине, закройщика кожи и тканей, наборщика, типографская накладка и фальцовка, наконец, многие из высокорационализированных рабочих навыков, применяемых мастерами стахановского труда. Из бытовых процессов: шитье, вышивание, чистка плодов и овощей, выпиливание и т.д. Из спортивно-игровых движений: фехтование, штыковой бой, стрельба из лука, метание сложных охотничьих приспособлений: гарпуна, бумеранга, лассо и т.п.; многие из действий горного и горнолыжного спорта, джигитовка и т.п.; гребля, "ассистирование" в партерной акробатике и балете.
          **Группа VI.** Акты с преобладанием фонового участия *рубо-спинального уровня А*; катание пилюль, некоторые из движений массажа; vibrato левой руки скрипача; обмахивание веером; ряд производственных фиксаций и хваток.
          **Уровни, лежащие выше уровня действий (группа Е)**
          Общие характеристики существенных черт движений и действий уровня D, данные в настоящей главе, ясно показывают, что еще не все высшие интеллектуальные двигательные акты могут найти себе место в этом уровне. В координационный уровень действий не попадают, например, символические или условные смысловые действия, к которым в первую очередь относятся не технически-исполнительные, а ведущие в смысловом отношении координации *речи и письма*; двигательные цепи, объединяемые не предметом, а мнестической схемой, отвлеченным заданием или замыслом и т.д., например, художественное исполнение, музыкальное или хореографическое; движения, изображающие предметное действие при отсутствии реального объекта этого действия; предметные действия, для которых предмет является уже не непосредственным объектом, а вспомогательным средством для воспроизведения в нем или с его помощью абстрагированных, непредметных соотношений. Существование подобных движений и действий убедительно свидетельствует о наличии в инвентаре человеческих координации одного или нескольких уровней, иерархически более высоких, нежели уровень D.
          Необходимо оговориться, что наличие у человека мотивов и психологических условий для действий, значительно возвышающихся над конкретным, элементарным обращением с предметами, не подлежит никакому сомнению. Трудность заключается только в том, чтобы выяснить, сказываются ли, и если да, то в какой мере, эти отличия мотивировки и психологической обусловленности действий и *на внешнем, координационном оформлении* и коорригировании движений, о чем здесь только и идет речь. Когда животное бежит один раз потому, что ему необходимо быстро перекрыть известное расстояние (подуровень С1), а другой раз бежит нацелившись на то, чтобы с разбега схватить подвешенный плод или намеченную жертву (фон С1 к основному акту в С2), то разница в построении и сензорных коррекций, и самого результирующего движения в обоих случаях не вызывает сомнений. Но когда человек наносит другому удар кинжалом в порядке элементарной самозащиты или грабительского нападения (уровень D), то у нас не может быть достаточных оснований ожидать существенно иного координационного оформления, если субъектом подобного же акта будет Дамон, Занд или Шарлотта Кордэ. Необходимо обратиться прежде всего а анализу *двигательного состава* подобных действий, за которыми подозреваются высшие координационные уровни.
          Анализ некоторых особенно сложных и интеллектуализированных актов поведения, например письма или речи, устанавливает в них наличие большого числа иерархически наслоенных этажей, или, что сводится к тому же самому, наличие иерархически наслоенных одна на другую координационных перешифровок в большем количестве, нежели число насчитываемых нами уровней до предметного включительно. В акте письма, например, мы имеем налицо уровень синергии, задающий основную колебательную синергию скорописи; уровень пространственного поля С, обеспечивающий адаптацию движения пера к поверхности бумаги и соблюдение геометрических особенностей почерка при допущении пластической вариативности величины букв, положение листа, позы пишущего и т.д.; наконец, уровень действий D, определяющий топологические особенности почерка, верховно управляющий высшим автоматизмом скорописи и осуществляющий правильные алфавитные начертания букв (то, что мы выше назвали модулированием скорописной колебательной синергии уровня В). Легко убедиться, что над всеми этими уровнями или перешифровками остаются еще по меньшей мере две координационных перешифровки, не нашедшие себе места в уровнях построения, рассмотренных до этого момента. Во-первых, идя снизу вверх, это будет перешифровка фонетическая и грамматическая (один или даже два отдельных, подчиненных один другому процесса), т.е. перевод фонетического образа речевого звука на язык азбучного начертания, и перевод фонетического образа слова на язык грамматически верного буквенного подбора (spelling): "счетчик", когда звучит "щоччик", "Worcester" когда звучит "Uuste", и т.п. Во-вторых, это будет перешифровка смысловая, т.е. превращение зерна мысли или фразы на знакомом, но не родном языке или высказывания, помнящегося лишь по его общему смыслу, и т.д., в звуковой и, далее, графический образ слов, которые мы намерены написать. Еще более отчетлив пример написания чисел, где над фонетической перешифровкой ("три" - "3", "двести" - "200") стоит еще смысловая или арифмо-грамматическая перешифровка ("триста семь" - 307, а не 300 - 7; "einundzwanzig" - 21, а не 1 - 20; "quatre-vingt dix-huit" - 98, а не 4 - 20 - 10 - 8 и т.д.). Под каждой из таких иерархических перешифровок угадывается свой особый уровень построения. Наконец, и патологические признаки, в особенности признак персеверации (см. гл. IX), тоже в целом ряде случаев указывает на раздельные уровни лежащие выше D, каждый из которых просвечивает в патологических случаях своей особой, иначе построенной персеверацией. Нижеследующий пример из области уже проанализированных нами уровней может пояснить сказанное. Пациент, персеверирующий в уровнях В или С1, исполняя задание нарисовать кружок, не может остановиться после первого обведения контура и рисует или нескончаемый клубок на одном месте, или штопоровидную спираль. Если же персеверация обусловлена поражением в уровне действий, то подобное же задание вызывает появление целой вереницы отдельных кружков, каждый из которых ничем не патологичен сам по себе, но которые в совокупности могут заполнить собой целый лист. Разные уровни из числа уже знакомых нам дали на одно и то же задание совершенно различные персеверации. Аналогичным образом при поражении в предметном уровне D пациент, способный написать по заданию, например, цифру 8, но склонный к персеверации, может воспроизвести заданную цифру в виде целого клубка восьмерок по одному месту (персеверация в высших автоматизмах уровня действий) или в виде бесконечной серии восьмерок: 888 8... (персеверация в смысловой схеме самого уровня D). Этот же больной на задание написать "сто двадцать" пишет 122222..., т.е. уже на втором звене верно начатого действия впадает в персеверацию последнего из указанных типов, но другой пациент на то же самое отвечает такой персеверацией: 120 120 120... Несомненно, что переход в предыдущей паре наблюдений от штопоровидной персеверации кружка к нескончаемой серии безупречных кружков вполне аналогичен описанному сейчас переходу от 122222... к 120 120 120, и если там этот переход был связан с повышением персеверации на один уровневый этаж, то у нас есть все основания ожидать и здесь подобного же соотношения. Налицо более сложный и высокий тип персеверации, ясно говорящий за то, что здесь затронута перешифровка, стоящая выше уровня D. То же, по-видимому, справедливо и по отношению к больному, который задание написать 120 исполняет так "10020", т.е. уже без персеверационных явлений обнаруживает разрушение в той области, где должна в норме совершаться арифмо-грамматическая перешифровка, и этим подтверждает действительное существование такой области.
          В ответ на предложение нарисовать дом больной, персеверирующий в уровне D, изображает либо общепринятую схему домика много раз по одному месту, либо целую улицу схематических домиков. Но к какому уровню отнести персеверацию больного, который исполняет это задание, рисуя сперва крышу в виде буквы Д, а под ней - запутанный клубок линий, ясно обнаруживающий, однако, что за Д-образной крышей последовали сначала круговые, 0-образные, а под конец - ломаные, М-образные линии? Это уже не схема дома в уровне D, а какая-то сложная смесь схематического рисунка, идеографического иероглифа и письменного обозначения "ДОМ", свидетельствующая о нарушении по меньшей мере в еще одном возвышающемся над D уровне, в котором смыкаются между собой предметные схемы и речевые, письменные начертания. Ведь несомненно, что и исторически иероглифы египтян и китайцев возникли не в результате чисто интеллектуалистически продуманной условной символики, а в порядке слитного, синкретического мышления более примитивного типа, которое в ту пору могло проявиться и в соответственных синтетических графических координациях в норме, а в наше время всплывает тут и там в патологических случаях, как и еще многие другие формы примитивного мышления, а может быть, и моторики.
          Все эти факты - и существование целостных двигательных актов, не укладывающихся в рамки уровня D, и многоярусные перешифровки, замечаемые в норме, и многоэтажные выпадения или персеверации, наблюдающиеся в патологии, - говорят в пользу существования по меньшей мере еще одного уровня, доминирующего над уровнем действий D, а вероятнее, еще нескольких подобных уровней. Однако недостаточность материала в этом направлении пока еще настолько ощутима, что единственно правильный выход для настоящего момента - объединить провизорно все возможные здесь высшие уровни в одну группу Е, поскольку даже при этом условии их удастся...
          Ряд приводимых здесь примеров больных автор заимствует из наблюдений А. Лурия, которому приносит живейшую благодарность охарактеризовать только в самых суммарных чертах. Для этой уровневой группы сейчас невозможно, как кажется, конкретизировать ни ее ведущих афферентация, ни кортикальной локализации (кроме только явно существенных для ее эффекторики лобных долей полушарий, в частности, полей 9 и 10 Brodmann).
          Прежде всего нужно обосновать утверждение, что в группе Е мы имеем дело действительно с координационными уровнями, а не только с чисто психологическими надстройками, т.е. что двигательные акты, относящиеся к этой группе, не являются суммами движений, полностью управляемых и координируемых более низовыми уровнями и только сцепляемых между собой психологическими мотивами нового рода, а представляют собой настоящие целостные координации с особыми качествами. При всей недостаточности экспериментального материала и связанной с этим очень большой трудности найти достаточно веские обоснования для этого положения можно все-таки и сейчас высказать ряд аргументов в его пользу.
          Первый аргумент вытекает из того понимания структуры актов уровня действий и функций премоторной системы, которые явились результатом приведенного выше анализа этого уровня. Этот анализ доказал возможность координационного управления двигательными процессами "сверху вниз", позволив установить, что высшие автоматизмы, встреченные нами там, не являются ни в какой мере суммами движений уровней В и С, а представляют собой совершенно особые координационные комбинации, управляемые по специфическим директивам предметного уровня, через его собственный эффекторный выход - премоторные поля. Эти автоматизированные компоненты и фоны предметного уровня, эти "высшие автоматизмы" текут в силу своей автоматизированности ниже порога сознания, всегда пребывающего в ведущем в данный момент уровне. Совершенно естественно заключить, что если мы встретимся с целостным предметным действием или цепью таких действий, текущими автоматизированно и бессознательно и приводящими при этом к смысловому результату, возвышающемуся над возможностями самого предметного уровня, то перед нами будет проявление аналогичного координационного процесса, локализованного на одну уровневую ступень выше процессов уровня действий. Такие факты действительно существуют. К ним прежде всего следует причислить движения *речи и письма*.
          Как уже было указано в предыдущем разделе, речедвигательный процесс представляет собой координацию, текущую на уровне действий, с техническими фонами во всех нижележащих уровнях. Это доказывается и близким клиническим сродством между моторными афазиями и апраксиями премоторной группы, и близостью, локальной и иннервационной, между премоторными полями коры и речедвигательным полем Вгоса, и схемно-топологическим характером построения речедвигательных отправлений, и наличием в них черт, совершенно аналогичных почерку, - произношения или акцента, т.е. качественной манеры, не нарушающейся при изменениях метрической стороны речи (громкости, быстроты, высоты тона голоса); доказывается, наконец, ясно выраженной монопольной смысловой связью их с предметом на некоторых ранних стадиях онтогенетического развития речи. *Называние* предмета, так же как написание буквы или *списывание* слова, строится в уровне предметного действия D. Когда же мы встречаемся с этими полностью принадлежащими предметному уровню координациями в служебной, подчиненной, роли в бессознательном или автоматическом протекании и в таких цепных синтезах, которые в целом не могут быть мотивированными предметным уровнем, т.е. встречаемся со *смысловой связной речью или таким же письмом*, мы имеем очень много оснований признать управляющие ими механизмы за особый координационный уровень в точном смысле этого слова. Аналогия речедвигательного процесса с высшими автоматизмами действительно очень велика, и хотя подробное ее прослеживание выходит из рамок этой книги, но одну существенную ее черту необходимо указать.
          Выше было установлено, что движения, из которых построены автоматизмы уровня действий, несмотря на то, что координируются всегда в уровнях ниже его, тем не менее представляют собой такие двигательные формы и комбинации, которые не могли бы возникнуть в своих уровнях сами по себе, без директивного управления свыше, за полным отсутствием в этих уровнях мотивов к формированию подобных двигательных отправлений. Точно так же, если в предметном уровне находятся достаточные методы к возникновению *речевого называния* воспринимаемого конкретного предмета, то как для появления более высокоорганизованных *семантических* (словесных) *форм* (глаголы, числительные, союзы и т.д.), так и для появления высших *грамматических форм* (склонение, спряжение, синтактическое построение речи) в предметном уровне мотивов нет и не может быть. Таким образом, управление речью с того момента, как оно переходит от уровня D к более высокой уровневой группе Е, отнюдь не сводится к сцеплению или нанизыванию уже имеющихся (фактически или потенциально) в предметном уровне речевых форм, а создает на этом последнем уровне новые формы - и сематические, и грамматические, столь же речедвигательные, как и наименования конкретно воспринимаемых предметов, столь же полно координационно связанные с уровнем D, но генетически совершенно чуждые ему.
          К подобным же случаям возникновения особых координации уровня действий, бессознательно протекающих под контролем более высокого уровня, следует отнести некоторые формы координации музыкального исполнения. Сюда нужно прежде всего причислить *координации смычка*. Выше, при разборе движений уровня пространственного поля (см. гл. V), было указано, что этот уровень практически никак не участвует в построении движений смычковой руки. Зато уровень действий непосредственно связан с манипулированием этим своеобразным орудием, манипулированием, никак не сводимым ни к одной только хватке, ни к перемещению вещей в пространстве. Если, несмотря на это, движения со смычком не были рассмотрены среди актов уровня действий, то именно потому, что эти движения ведутся не им, а выше его лежащей группой Е. Мотивы к тому, чтобы именно вот так водить волосами смычка по жилам, натянутым на грифе, не могут возникнуть на уровне смысловых предметных действий уже потому, что такое вождение лишено какого бы то ни было прямого смысла, связанного с вещью. Еще существеннее и самым тесным образом смыкается с нашим основным определением координации то, что уровень D не имеет в своем распоряжении *средств для адекватной сенсорной коррекции* подобного движения: ни художественно ценный звук, ни тем более выразительная динамика звукового последования, определяемая целостной художественной концепцией исполнителя, не содержатся в афферентационном синтезе предметного уровня, а между тем именно они и определяют собой управление всей совокупностью координационных коррекций скрипача или виолончелиста.
          Итак, общая схема построения координации смычковой руки скрипача следующая:
          Е - ведущий уровень, создающий мотив для двигательного акта и осуществляющий его основную смысловую коррекцию - приведение звукового результата в соответствие с намерением.
          D - манипулирование с предметом - "сверхвысший" автоматизированный навык.
          С - не участвует.
          В - основные синергии (вторичные фоны), реализующие "сверхвысший" автоматизм уровня D.
          А - специфическая хватка.
          Неверно было бы думать, что для подобных схем построения под ведущим контролем высшей уровневой группы Е фоновое участие уровня D является непременным условием. Для них существенно именно ведущее положение, занимаемое группой Е, а отнюдь не тот или иной фоновый состав. Например, движения руки пианиста строятся по следующей примерной схеме:
          Е - ведущий уровень (см. сказанное о нем выше).
          D - видимо, не участвует.
          С - пространственные целевые, силовые и меткие движения в пространственном поле.
          В - фоновые синергии: а) туше, связанного с позой тела и постановкой рук; б) фоновых компонент для уровня С.
          Таким образом, во-первых, существование автоматизмов, управляемых и мотивационно, и коррекционно из уровней, расположенных выше предметного и даже не всегда нуждающихся в его посредничестве, явно свидетельствует о том, что эти верховные уровни не только создают особые чисто психологические надстройки для мотивации движений, но и имеют на эти последние несомненное прямо координационное влияние. Во-вторых, как было отмечено вначале, с этими верховными уровнями связаны *перешифровки и патологические персеверации*, не умещающиеся в более низких уровнях построения. Это также убедительно говорит в пользу того, что перед нами настоящие уровни построения, имеющие свои особые координационные механизмы. Наконец, в-третьих, эта верховная группа Е имеет и свои качественно особые выпадения. Выпадения этой группы Е приходится (в очень близкой аналогии с уровнем действий D) разбить на два класса. К первому из них нужно отнести группу клинических расстройств, в свое время объединенных Monakow под названием асемических: сензорные афазию, алексию, асимболию, амузию и т.д., т.е. соответственно утраты смысловой речи, чтения, запаса слов, способности к музыкальному восприятию и т.д. Все эти виды выпадений объединяются одним общим признаком: потерей в той или иной области смысловых (уже не предметных) мотивов, и таким образом приближаются по характеру к выпадениям в афферентационном поле по типу апраксий Липмана. Второй класс выпадений в-уровневой группе Е дает характерный "лобный синдром" с определяющей его разрозненностью поведения, утерей связи между сделанным и тем, что предстоит сделать, распадом соответствия между ситуацией и действованием и т.д., т.е. синдром с эффекторным обликом выпадения. И те и другие выпадения вызываются поражением головного мозга в отделах, отличающихся по своей локализации от поражений, дающих апрактические расстройства, и создают двигательные нарушения других типов по сравнению с апраксиями.
          Таковы доводы, которые могут быть приведены в настоящее время в пользу самостоятельного существования системы Е как особой координационной группы.