

Двигательные программы

Управление движениями немыслимо без согласования активности большого количества мышц. Характер этого согласования зависит от двигательной задачи. Так, если нужно взять стакан воды, то ЦНС должна располагать информацией о положении стакана относительно тела и об исходном положении руки. Однако чтобы движение было успешным, кисть заранее раскрылась на величину, соответствующую размеру стакана, чтобы сгибатели пальцев сжимали стакан с силой, достаточной для предотвращения проскальзывания, чтобы приложенная сила была достаточной для плавного подъема, но не вызывала резкого отрыва, чтобы ориентация стакана в кисти после захвата все время была вертикальной. Таким образом, чтобы реализация движения соответствовала двигательной задаче, необходимы не только данные о пространственных соотношениях, но и сведения о свойствах объекта манипулирования.



Многие из этих сведений не могут быть получены в ходе самого движения посредством обратных связей, а должны быть предусмотрены на этапе планирования. Следовательно, для осуществления движения должна быть сформирована двигательная программа. Двигательную или центральную программу рассматривают как заготовленный набор базовых двигательных команд, а также набор готовых корректирующих подпрограмм, обеспечивающих реализацию движения с учетом текущих афферентных сигналов и информации, поступающей от других частей ЦНС.

Зарождение побуждения к движению связано с активностью подкорковых и корковых мотивационных зон. Замысел движения формируется в ассоциативных зонах коры. Далее происходит формирование программы движения с участием базальных ганглиев и мозжечка, действующих на двигательную кору через ядра таламуса. За реализацию программы отвечает двигательная кора и нижележащие стволовые и спинальные двигательные центры.

Предполагается, что двигательная память содержит обобщенные классы двигательных программ, из числа которых в соответствии с двигательной задачей выбирается необходимая. Программа модифицируется применительно к ситуации: однотипные движения могут выполняться быстрее или медленнее, с большей или меньшей амплитудой. Интересно, что одна и та же программа может быть реализована разными наборами мышц. Так, почерк человека сохраняет характерные черты при письме правой и левой рукой и даже карандашом, зажатым в зубах или прикрепленным к носку ботинка.



Такой межконечностный перенос навыка возможен потому, что система управления движениями является многоуровневой (уровень планирования движения и уровень его исполнения в ней не совпадают). Действительно, произвольное движение планируется в терминах трехмерного евклидового пространства. Для исполнения этого плана необходимо перевести линейные перемещения в соответствующие угловые переменные (изменения суставных углов), определить, какие мышечные моменты необходимы для этих угловых перемещений и, наконец, сформировать двигательные команды, которые вызовут активацию мышц, дающую необходимые значения моментов.

Двигательная программа может быть реализована различными способами. В простейшем случае ЦНС посылает к мышцам заранее сформированную последовательность команд, не подвергающуюся во время реализации никакой коррекции. В этом случае говорят о разомкнутой системе управления. Подобное управление используется при осуществлении быстрых, так называемых «баллистических» движений. Чаще всего ход осуществления движения сравнивается с его планом на основе сигналов от многочисленных рецепторов, и в реализуемую программу вносятся нужные коррекции. Это замкнутая система управления с обратными связями. Однако и такое управление имеет недостатки.

В связи с относительно малыми скоростями проведения сигналов, значительными задержками в центральном звене обратной связи и значительным временем, необходимым для развития усилия мышц, коррекция движения по сигналу обратной связи может запаздывать. Поэтому во многих случаях целесообразно реагировать не на отклонение от плана движения, а на само внешнее возмущение еще до того, как оно успело вызвать отклонение. Такое управление называют управлением по возмущению.

Другим способом уменьшения влияния задержек является антиципация. Во многих случаях ЦНС способна предусмотреть в двигательной программе появление возмущений еще до их возникновения. Примечательно, что эта упреждающая «позная» активность (антиципация) осуществляется автоматически с очень короткими центральными задержками. Роль упреждающей активности в стабилизации положения звеньев тела иллюстрирует простой пример. Если официант удерживает на ладони вытянутой руки поднос с бутылкой шампанского и рюмками, а другой человек внезапно снимет бутылку с подноса, то рука резко подпрыгнет вверх с соответствующими последствиями. Если же он сам снимет бутылку свободной рукой, то рука с подносом останется на прежнем уровне.



Вопросы

1. С чем связано зарождение побуждения к движению?
2. Что отвечает за реализацию программы?
3. Что такое антиципация?