

НЕРВНАЯ СИСТЕМА, КАК РЕГУЛЯТОР ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА

Дёмин О. А., кандидат биологических наук

В основе функционирования нервной системы лежит условный рефлекс. Проявление условно-рефлекторной деятельности центральной нервной системы обеспечивает множественные изменения в организме, связанных с выполнением физической работы. Под воздействием симпатической нервной системы и увеличения количества гормонов в крови организм начинает подготовку к усиленной физической деятельности еще на стадии их ожидания. Это проявляется в предстартовой подготовке. Происходят некоторые изменения, которые тем интенсивнее, чем ответственнее предстоящее соревнование.

Механизмы долговременной адаптации к физической нагрузке

Основное влияние на формирование таких изменений оказывают условно-рефлекторные раздражители, среди которых могут быть даже такие, как место проведения состязания и речевые команды. Большое значение имеет эмоциональный настрой. В подготовке организма к непосредственной предстоящей деятельности участвуют такие структуры мозга как гипоталамус и лимбическая доля коры. Под их воздействием увеличивается концентрация в крови адреналина и норадреналина. Появление этих гормонов приводит к расщеплению гликогена в печени, выделению жирных кислот из жировых депо. Все это — подготовка энергетических субстратов, используемых в дальнейшем при выполнении интенсивной физической деятельности.

При долговременной адаптации к физической нагрузке совершенствуются механизмы нервно-гуморальной регуляции. Одним из проявлений является возможность увеличения производства гормонов эндокринными железами, что приводит к возрастанию их синтетических возможностей. В результате возможно поддержание в крови высокого их уровня. Так, в усилении синтеза аэробного и анаэробного гликогена большое значение имеет гормон адреналин. Увеличение мобилизации жира из жировых депо обеспечивается импульсами вегетативной нервной системы, и значительное влияние на этот процесс оказывает адреналин.

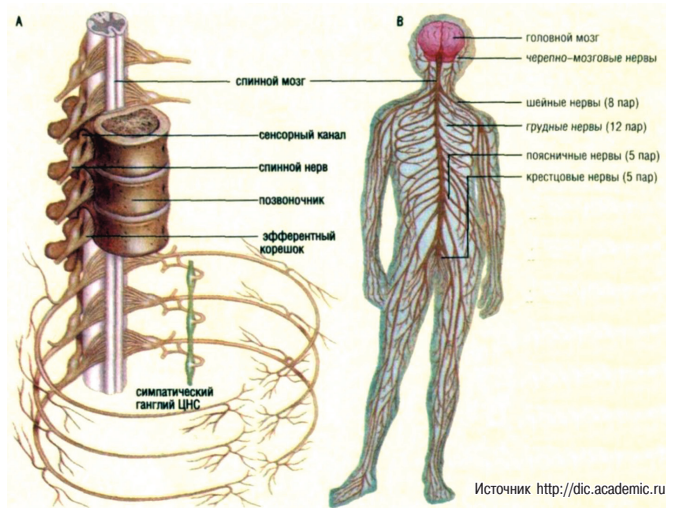
Через нервные волокна, содержащие в синапсах ацетилхолин, происходит активация гликолиза в скелетных мышцах для образования АТФ. Под воздействие симпатической нервной системы происходит расширение просвета сосудов

в мышцах для улучшения снабжения их кислородом в предстоящей деятельности. Все происходящие изменения имеют определенную специфичность в зависимости от интенсивности предстоящей работы. Чем интенсивнее работа, тем сильнее выражены сдвиги в таких системах, как сердечно-сосудистая и дыхательная. При этом растет легочная вентиляция, усиливается газообмен с увеличением потребления кислорода, учащаются и усиливаются сокращения сердца, наблюдается повышение артериального давления. Кроме того, повышается температура тела, а в мышцах и крови растет концентрация молочной кислоты. Предстартовые изменения, хотя и напоминают по характеру сдвигов те, что наблюдаются во время выполнения упражнения, все же выражены менее сильно.

Управление функциями нервной системы

С некоторым допущением можно говорить об определенных моментах управления функциями нервной системы, влияющей на органы обеспечения физической работы. Такое управление может осуществляться в процессе разминки, подготавливающей организм к предстоящей физической активности. В процессе разминки повышается возбудимость сенсорных и двигательных нервных центров коры больших полушарий, а также вегетативных нервных центров, связанных с системами обеспечения двигательной деятельности. Влияние разминки проявляется в усилении деятельности желез внутренней секреции, которые выделяют в кровь регуляторные гормоны. Параллельно с этим стимулируется деятельность кислородно-транспортной системы для усиления снабжения тканей кислородом. Усиление кожного кровотока оказывает положительное влияние на терморегуляцию. В результате этого облегчается теплоотдача и тем

Разогрев ускоряет метаболические процессы, поэтому в результате активной разминки происходит согласование функций дыхания, кровообращения и двигательного аппарата, улучшение их регуляции в предстоящей максимальной мышечной деятельности



самым предотвращается чрезмерное перегревание тела во время интенсивной работы мышц. Тем не менее, разогрев тела и особенно работающих мышц приводит к увеличению скорости проведения нервного импульса по нервным волокнам, уменьшается вязкость крови и мышц. При этом скорость их сокращения может возрастать. Разогрев ускоряет метаболические процессы, создает условия для облегчения отдачи кислорода гемоглобином, усиливая клеточное дыхание. В результате активной разминки происходит согласование функций дыхания, кровообращения и двигательного аппарата, а также улучшение их регуляции в предстоящей максимальной мышечной деятельности.

Передача нервного импульса между различными нейронами осуществляется с помощью сигнальной молекулы — медиатора. Мембраны нервных клеток редко образуют контактные соединения непосредственно друг с другом. Чаще всего они разделены между собой очень узкой щелью, которая носит название синаптической, а место разделения — синапсом. Механизм передачи нервного импульса по нервному волокну основан на функционировании натрий-калиевого насоса, основная функция которого выкачивать натрий из клетки и закачивать калий внутрь, и для обеспечения его работы требуется значительный расход АТФ.

Кальцевый насос, или кальциевая АТФ-аза, расположенная в саркоплазматическом ретикулуме мышечной клетки, закачивающая кальций из цитоплазмы внутрь ретикулума, способна на цитоплазматической поверхности гидролизовать до 10 молекул АТФ в секунду, при этом на одну гидролизованную молекулу закачивается в ретикулум два иона кальция.

В нервно-мышечном соединении импульс, идущий по нерву, стимулирует мышцу к сокращению, за счет последовательного открывания не менее четырех различных наборов каналов, имеющих «ворота», и все это происходит в пределах одной секунды. Ацетилхолин зависимый натрий-калиевый канал бывает открыт около 1 мс.

При снижении мембранного потенциала (деполяризация), после достижения нервным импульсом окончания нерва, открываются потенциал зависимые кальциевые каналы. Тысячекратная концентрация ионов кальция снаружи клетки, по сравнению с содержанием этого иона внутри, устремляет кальций по градиенту концентрации внутрь нервной

клетки. В результате такого перемещения стимулируется выделение ацетилхолина из гранул, в которых он содержится, в окончании нервного отростка. Происходит выброс ацетилхолина в синаптическую щель, разделяющую пространство между мембранами нервной и мышечной клеток. Преодолев это небольшое расстояние, ацетилхолин связывается со своим рецептором на мышечной мембране. В результате активируется и открывается канал, через который по градиенту концентрации внутрь клетки устремляется натрий, а наружу калий. В результате в области этого канала происходит локальная деполяризация мембраны мышечной клетки. Понижение мембранного потенциала приводит к открытию новых натриевых каналов, расположенных на той же мембране. Открываясь на короткое время они дальше деполяризуют мембрану, что приводит к последующему открытию следующих каналов, в результате возникает волна деполяризации, которая распространяется до тех пор, пока не охватит всю мышечную клетку. Этот процесс приводит к временному открытию кальциевых каналов, расположенных не на мембране, а в саркоплазматическом ретикулуме. В результате кальций выходит из него в цитоплазму клетки, что и приводит в конце концов, к сокращению миофибрилл. При этом мышца укорачивается. Включение кальциевого насоса, следующее за этим процессом, закачивает кальций назад в ретикулум и в результате этого наступает расслабление.

Механизм формирования утомления

При выполнении движений работают мышцы антагонисты. При обучении они часто включаются одновременно. Импульсное сокращение мышц изменяется в процессе обучения. Вначале сокращения следуют одно за другим практически постоянно. При непрерывной тренировке электрическая активность наблюдается импульсами с временными интервалами.

При выполнении статических упражнений объем информации для анализа центральной нервной системой значительно меньше. Приходится анализировать лишь работу мышцы, в то время как динамическая работа требует анализа информации, приходящей еще и от суставов об углах и взаимоперемещениях отдельных звеньев, двигающихся относительно друг друга.

При передаче нервного импульса обнаруживается синаптическая временная задержка. Нужно время для высвобождения медиатора, диффузии его от одной мембраны к соседней, соединение с сигнальной молекулой — рецептором. Все это приводит к тому, что относительно высокая скорость распространения импульса по нервному проводнику основное время ответа на возбуждение приходится на синаптическую передачу. Возникает синаптическая задержка, которая у человека составляет примерно 1 мс. В связи с тем, что существует большое количество последовательных синаптических контактов, длительность большинства рефлекторных ответов составляет десятки миллисекунд. При длительном повторном раздражении наступает ослабление рефлекторной реакции и даже может произойти ее исчезновение. Этот процесс связан с де-

тельностью синапсов, в которых наступает истощение запасов медиатора, уменьшаются энергетические ресурсы, происходит адаптация рецептора к своему медиатору. Все это называется утомлением.

Длительные физические нагрузки приводят к функциональным изменениям в состоянии нервных центров, которые управляют работой мышц и обеспечивают регулирование систем обеспечения. При этом наиболее чувствительны к утомлению нервные центры, расположенные в коре головного мозга. Проявлением утомления центральной нервной системы является нарушение координации движений, возникает ощущаемое чувство усталости. Считается, что происходит охранительное торможение в нервных клетках из-за их интенсивной или продолжительной активности. Такое торможение возникает в результате интенсивного потока информации от рецепторов работающих мышц, суставов, связок движущихся частей тела, достигающих всех уровней центральной нервной системы, которые входят даже до коры головного мозга.

“ При выполнении работы средней аэробной мощности наблюдается значительный расход гликогена в мышцах и печени, что негативно сказывается на работе центральной нервной системы, для которой глюкоза является единственным энергетическим источником ”

В поддержании мышечной деятельности, при выполнении сложно-координационных упражнений, характерных для единоборств, принимают участие многие системы организма. Среди них можно выделить регулирующие системы, системы обеспечения и исполнительные, которые и являются непосредственным инструментом физической деятельности. Регулирующие системы — центральная и вегетативные нервные системы и гормональные системы. Системы обеспечения — сердечно-сосудистая, дыхательная и система крови. К исполнительным, двигательной системе относится периферический нервно-мышечный аппарат. При выполнении работы средней аэробной мощности наблюдается значительный расход гликогена в мышцах и печени, в результате снижается количество глюкозы в крови, что негативно сказывается на работе центральной нервной системы, для которой глюкоза является единственным энергетическим источником.

Роль нервной системы в выполнении сложно-координированных движений

В процессе изучения сложных двигательных актов, таких как броски, болевые, удары, наблюдается несколько стадий. Вначале в процесс движения вовлекается большое количество мышечных групп, многие из которых не обязательны при выполнении упражнения. Впоследствии их количество сокращается, движения становятся более рациональными и в процессе дальнейшего совершенствова-

ния задействуются наиболее необходимые из них, что экономит не только энергетические ресурсы мышц, но и снижает нагрузку на работающие нейроны, при этом движения могут достигать автоматизма. Любой сложный комплекс движений складывается из двух компонентов. Во-первых — это моторный компонент, представляющий собой набор тех координационных перемещений, которые его составляют, во-вторых — вегетативный, необходимый для обеспечения возможности выполнения упражнений и связанный с поставкой необходимого количества энергетических ресурсов, кислорода, выведения образующихся «токсичных» продуктов. В процессе обучения нервная система активно участвует в формировании необходимых двигательных навыков для выполнения сложных упражнений и в адаптации систем их обеспечения такими вегетативными органами, как сердечно-сосудистая, дыхательная системы и система крови. Сложно координационные виды спорта, такие как борьба, требуют участия значительных мышечных групп для выполнения упражнений, что приводит к использованию большого количества нейронов, которые устанавливают между собой множество временных связей, и как следствие — это создает большую нагрузку на центральную нервную систему в процессе обучения.

В относительно простых, повторяющихся двигательных актах, характерных для циклических видов спорта, моторные компоненты движений в своем формировании опережают обеспечивающие, вегетативные функциональные системы.

В сложно-координационных же, наблюдается обратная ситуация — вегетативные компоненты систем обеспечения формируются раньше, чем моторные. В то же время, они остаются более инертными и при смене привычной деятельности, в переходе от непрерывной работы к работе с переменной интенсивностью двигательные функции изменяются быстрее, а органы систем обеспечения продолжают работать в прежнем режиме.

В процессе обучения сложным в координационном плане движениям, нейроны устанавливают между собой временные связи, которые обеспечивают новую форму движения или образуют комбинацию из уже известных элементов нового сложного двигательного акта. Причем в основном новые сложные двигательные акты формируются на базе ранее выработанной координации и представляют собой элементы ранее приобретенных навыков. В этом смысле большое значение имеют подготовительные упражнения, постепенно формирующие требуемые двигательные навыки в том случае если, элементы сложно координационных упражнений в значительной степени являются новыми. Кроме того, хорошо известно, что установившиеся временные связи в процессе обучения сложно координационным упражнениям могут стать препятствием при управлении неправильно выработанной техники.

При выработке сложных координационных навыков существенное значение имеет высшая — вторая сигнальная система, связанная с установлением временных связей на основании пояснений.

Литература

1. Коц Я. М. Спортивная физиология. 2. Физиология человека. Под редакцией В. М. Покровского, Г. Ф. Коротко. 3. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Утсон Дж. Молекулярная биология клетки. — М.: Мир, 1987.