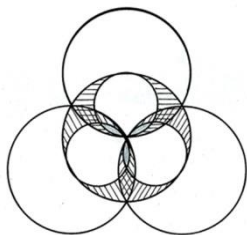


УДК. 159.91



КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ МОЗГОВОГО МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ ОБРАЗОВ

Лисин В.В. (д.мед.н.)

Москва, РФ; vvlissin@gmail.com

Аннотация. В настоящей работе предлагается версия мозгового механизма возникновения и формирования перцептивного и психического образов. Начальным событием возникновения перцептивного образа является результат взаимодействия на релейных нейронах таламуса сенсорного хаотического импульсного потока и организованного в пачки импульсного потока, исходящего из ретикулярных структур. Последующий этап – это формирование метаустойчивого динамического объединения возбужденных колонок коры большого мозга. Рассматривается роль функционального объединения колонок коры и интрафузальной мышечной рецепции в активации распределённых систем мозга и формировании перцептивного образа. Этот образ рассматривается как метаустойчивое состояние синергичных процессов в нейро-мышечных структурах. Дается обоснование невосприимчивости перцептивного образа. Предполагается, что основу психического образа составляют воспринимаемые эффекты ньютоновских сил, вызываемые сокращениями мышц. Обсуждаются свойства перцептивного и психического образов, их отличие и сопряженность. Роль психического образа во взаимодействии с образами сознания.

Ключевые слова: таламус, кора больших полушарий, обратная афферентация, распределенные системы, естественные двигательные синергии, перцептивный образ, психический образ.

ВВЕДЕНИЕ

Образ – это фундаментальное понятие не только психологии и нейрофизиологии, но и в сфере индивидуального и массового сознания. В настоящее время можно говорить о том, что в когнитивной деятельности обозначились три категории образов: перцептивные, психические образы и образы, составляющие содержание сознания. Однако, проблема механизмов формирования перцептивного и психологического образов остается не решенной.

В работе предлагается версия нейронального механизма формирования перцептивного образа и связи его с психическим образом.

Перцептивный образ мы рассматриваем как метаустойчивое состояние синергичных процессов в нейро-мышечных структурах. Этот образ является результатом сопряженной деятельности сенсорной, двигательной и вегетативной систем. Психический образ рассматривается нами как восприятие силовых эффектов ансамбля работающих мышц.

АФФЕРЕНТЫ СОМАТОСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ

Единичный сенсорный афферентный путь, включающий последовательно рецептор, три релейных нейрона (слух - пять нейронов) и колонку коры, принято рассматривать как структурно-функциональную единицу перцептивного процесса.

Термин "перцепция" мы здесь употребляем в значении, которое ввел Лейбниц: "простая, не дошедшая до чувственного ощущения и восприятия реакция нейронных сенсорных структур".

Воздействия на кожные и мышечные рецепторы внешних факторов имеет контактный характер (в отличии от зрительной или слуховой рецепции) и поэтому внешнее воздействие всегда пространственно определено относительно тела.

Однако, множество факторов создают неопределенность в перцептивном процессе. Воздействия факторов внешней среды на рецепторы динамичны, переменны, вероятностны. Рецепторные поля подвижны относительно источников внешних воздействий. Параметры рецепторов нестабильны, в частности, в силу их адаптивности. Конвертирование энергии рецептора в нервный импульс - нелинейный процесс.

В результате афферентные импульсные потоки имеют ярко выраженный стохастический характер. В целом общий сенсорный поток импульсов хаотичен.

На уровне первого переключения, т.е. на интернейронах задних рогов спинного мозга и ядрах черепно-мозговых нервов, происходит конкурентное взаимодействие между сенсорными единицами (латеральное торможение). В некоторой степени обособляются наиболее активные сенсорные единицы. Однако, стохастический характер потоков импульсов в сенсорных единицах и хаос в общем перцептивном процессе сохраняются.

Второе переключение соматосенсорного пути происходит в ядрах таламуса.

Релейные ядра таламуса принято подразделять на три группы: специфические – сенсорные релейные, ассоциативные и неспецифические – ретикулярные.

Рассмотрим версию процессов преобразования перцептивных потоков в релейном дорзо-вентральном ядре таламуса. Дорзо-вентральное ядро является местом переключения афферентных сигналов тактильной, проприоцептивной, висцеральной температурной и болевой чувствительности.

Кроме сенсорных релейных нейронов в дорзо-вентральном ядре локализуется так же пул нейронов, получающих афференты от колонок коры [22].

Релейные нейроны, получающие афферентные волокна из сенсорных восходящих путей принято называть "нейроны первого порядка". Нейроны дорзо-вентрального ядра, получающие большую часть (или все) своих первичных афферентов от пирамидальных клеток 5-го и 6-го кортикальных слоев именуются как "нейроны более высокого порядка" или "трансталямические". Они проецируют аксоны в обе зоны коры полушарий мозга.

Потоки импульсов коркового происхождения в таламус также имеют стохастический характер в единичных проекциях и в целом хаотичны. Об этом может свидетельствовать постоянное наличие спонтанной активности нейронов коры.

Итак, хаос в импульсных потоках имеет место в обеих афферентных системах дорзо-вентрального ядра таламуса. В силу хаотичности эти потоки импульсов не могут оказать организующего воздействия на пул релейных нейронов таламуса. По форме эти импульсные процессы в целом представляет собой просто шум.

Однако, эти хаотические процессы на самом деле сигнально-информационно содержательны. В них одновременно отображается и динамика текущего внешнего

воздействия, и распределения активности в кожных и проприоцептивных сенсорных единицах, а также и распределение активности в корковых эфферентах.

Необходим некий внешний фактор для извлечения организующего сигнала из хаотического перцептивного процесса. Поэтому, очевидно, что на уровне таламуса должно происходить преобразование хаотических потоков импульсов в потоки, имеющие сигнальные свойства.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕЙРОННЫХ ПУЛОВ РЕЛЕЙНОГО И РЕТИКУЛЯРНОГО ЯДЕР ТАЛАМУСА

Среди гипотез о механизме преобразования перцептивных потоков импульсов на уровне таламуса рассматривалась гипотеза, некоего, так называемого, “внутреннего прожектора внимания”. Предполагалось, что экспрессия “прожектора” в виде “вспышек разрядов таламических нейронов” должна “высвечивать” актуальные нейрональные структуры [20, 21]. Предлагаемый механизм функционирования этой модели вызвал много вопросов. Но метафорический характер этой гипотезы поддерживает ее привлекательность.

В исследованиях нейрональной активности таламических ядер, проведенных в последующий период, получено много интересных данных для интерпретации роли ретикулярного ядра таламуса в преобразовании перцептивных потоков импульсов в релейных ядрах. Исчерпывающий обзор публикаций по этой проблеме на тот момент сделан Pinault D [27].

Didier Pinault, в частности, пишет, что “таламические релейные нейроны могут работать как интеграторы, но какую конкретно роль в восприятии играют эти таламические нейроны, и каково общее значение таламуса для восприятия, остается неизвестным”.

Многочисленными исследованиями показано, что в таламусе имеет место тесная структурная связь и функциональное взаимодействие между таламокортикальными релейными нейронами (ТК-нейроны) дорзо-вентрального ядра и нейронами таламического ретикулярного ядра (ТР-нейроны). Большинство аксонов, соединяющих таламус и кору головного мозга в обоих направлениях, проходят через таламическое ретикулярное ядро [23]. ТР-нейроны не дают прямых аксонных проекций в кору, а образуют связи с нейронами дорзо-вентрального ядра таламуса и получают коллатерали от кортикоталамических и таламокортикальных путей [28, 29, 32].

Особенность цитоархитектоники ретикулярных ядер таламуса состоит в том, что интернейроны имеют обширные густые дендритные ветвления, между ними имеют место не только химические синаптические, но и электрические контакты. В пуле этих нейронов описаны резонансное взаимодействие. Характерно также и то, что выходные одиночные нейроны таламического ретикулярного ядра проецируют свое влияние одновременно на множество ТК-нейронов дорзо-вентрального ядра. Все выше приведенные данные указывают на то, что в ретикулярном ядре может формироваться общая залповая нейрональная активность в виде пачек импульсов.

Для ретикулярного ядра таламуса действительно характерен альфа подобный (8-12 в сек.) ритм пачечной активности. В экспериментах с регистрацией активности одиночных нейронов также показано, что в ТР-нейронах генерируется импульсная

активность в режиме пачек в альфа подобном ритме [9].

Вышесказанное даёт основание полагать, что на релейных нейронах таламуса (ТК) разыгрывается синаптический процесс взаимодействия двух разнородных импульсных потоков: перцептивного хаотического и организованного в пачки ритмичного потока импульсов из ретикулярного ядра.

Многие исследования ясно показывают, что ТР-нейроны играют ключевую роль в модификации функционирования ТКР-нейронов, особенно в отношении длительности их активности [27].

Реалистично полагать, что результат воздействия залпа пачек импульсов ТР-нейронов на ТК-нейроны может проявляться в виде следующих эффектов:

- общее облегчающее влияние пачки импульсов ТР-нейронов на все ТК-нейроны находит отклик преимущественно в тех ТК-нейронах, которые к моменту воздействия пачки были достаточно деполяризованы, не заторможены и готовы к генерации разрядов или уже разряжаются. Отклик их состоит в том, что импульсная активность этого множества ТК-нейронов усилится и пролонгируется;

- облегчающее влияние ТР-нейронов на тормозные интернейроны так же может усилит действие латерального торможения: в результате множество тормозимых ТК-нейронов устойчиво блокируется;

- подавляется конкурентность между сенсорными единицами, свойственная хаотическому процессу;

- перцептивный хаотический процесс останавливается и формируется иной устойчивый упорядоченный перцептивный импульсный процесс. Он выражается в том, что обособляется некоторое множество устойчиво и симультанно работающих ТК-нейронов.

Выделение и обособление ограниченного множества таламокортикальных аксонных проекций носит в определенном смысле случайный характер. В результате происходит выделение активных и устойчиво работающих перцептивных единиц и пролонгирование их работы. Другими словами, упорядоченная, симультанная, устойчивая активность только “избранных” ТК-нейронов представляет собой (в отличие от хаотического потока) организованный сигнал для корковых структур.

Устойчивость совместной работы множества выделенных ТК-нейронов и соответствующих им колонок коры поддерживается, прежде всего, активностью в их афферентах, а также положительной обратной связью от колонки коры на соответствующий ТК-нейрон. Симультанное функционирование их происходит в течении одного интервала (или некоторого их числа) между залпами импульсов из ретикулярного ядра.

Возникновение множества симультанно работающих, независимых и локализованных в различных зонах коры колонок (при торможении остальных) можно рассматривать как метаустойчивое функциональное объединение колонок коры больших полушарий мозга (ФОК).

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ КОЛОНОК КОРЫ БОЛЬШОГО МОЗГА

Вертикальная организация в виде колонок свойственна всем зонам неокортекса.

Кроме того, несколько колонок могут объединяться с помощью межколоночных связей в более крупную единицу – модуль, или модулярную колонку. Колонки и модули различаются лишь по источнику получаемых ими входных сигналов и по мишеням, которым адресуются их выходные аксоны [4, 24, 25]. Имеются данные о том, что активность одной колонки вызывает торможение нейронов соседних колонок той же и других модальностей.

Но, имеются экспериментальные данные о том, что существуют и возбуждающие связи между колонками. Посредством этих связей реализуется синергичное взаимодействие колонок и модулей. Это лежит в основе структурной организации распределенных систем коры.

Все сказанное выше о цитоархитектонике коры касается структурной стационарной схемы онтогенетически обусловленного объединения колонок.

Предлагаемый в настоящей работе механизм таламического преобразования перцептивного потока позволяет формировать временные метаустойчивые объединения колонок и модулей.

Рассмотрим возможные свойства этого временного функционального объединения колонок.

Итак, ФОК формируется в результате взаимодействия на сенсорных релейных и трансталамических нейронах двух разнородных по характеристикам потоков импульсов: хаотического перцептивного и организованного в пачки потока, исходящего из ретикулярного ядра.

В результате хаотический перцептивный процесс в сенсорных релейных и трансталамических нейронах таламуса останавливается и возникает перцептивный процесс иного качества – устойчивые потоки импульсов в “избранных” таламо-кортикальных единицах.

ФОК возникает как функциональное событие в перцептивном процессе, т.е. оно не обусловлено структурой. Это событие вероятно и, в некотором смысле, случайно по индивидуальному составу колонок. В нем отображается и пролангируется фрагмент общего афферентного потока импульсов.

Между колонками, входящими в состав ФОК, локализованных в самых разных зонах коры, возникает всего лишь временная функциональная связь, обусловленная “принудительной” симультантностью их работы.

ФОК достаточно вариабельно по составу колонок, т.е. в его составе могут иметь место практически любые сочетания перцептивных единиц – колонок. Полагаем, что именно этот механизм формирования ФОК обеспечивает полимодальность содержания образов и все возможное их разнообразие.

Возбуждение колонок, входящих в состав ФОК, в силу “принудительной” симультантности их работы, служит организованным пусковым сигнальным, инициирующим определенный сценарий процессов в корковых и иерархически нижележащих структурах.

Каждая колонка проекционной зоны коры большого мозга является элементарным сенсорным представителем перцепции, и каждая колонка имеет свою эфферентную мишень. Функциональный смысл активности ФОК, как организующего сигнала последующим структурам ЦНС, определяется составом

колонок и направлениями их аксональных проекций.

Альфа-подобный ритм, характерный для ретикулярного ядра таламуса, обуславливает частоту обновления состава ФОК. В течение одной секунды происходит порядка десяти кратного обновление состава ФОК. Вариации частоты ритма обновления ФОК обуславливают темп деятельности.

Длительность существования одиночного ФОК около 100 мсек, находится в диапазоне порядка 50-150 мсек. Что характерно, в этот период времени укладываются практически все временные циклы всех процессов в нервной системе, связанные с построением движения.

Работающая в данный момент времени ФОК оказывает влияние на иерархически ниже расположенные структуры, изменяя их состояние. В порядке обратной афферентации сигналы об их новом состоянии, возвращаются в таламус, тем самым создаются предпосылки для формирования нового ФОК. Этот циклический процесс по существу есть поисковый режим и механизм формирования вектора предстоящего сценария нейрональных процессов. Очередной пусковой сигнал, т.е. очередной состав возбужденных колонок ФОК, является шагом в построении вектора (временного ряда) направленности общего сценария процессов в ЦНС.

Вектор формируется в пределах потенциально возможного сценария нейрональных процессов. Это обеспечивается посредством прямой и обратной афферентной сигнализации о текущем состоянии скелетно-мышечного аппарата (возможность или невозможность сокращения той или иной мышцы). Преемственность в пошаговом формировании вектора обуславливается инертностью мышечного сокращения: длительность сокращения одиночной мышечной единицы составляет 5 сек.

ТК-нейроны первого порядка, получившие афферентацию от мышечных и суставных рецепторов, от подкорковых и стволовых ядер, от мозжечка возбуждают соответствующие колонки первичных двигательных проекционных зон коры. Формируется пусковой сигнал непосредственно альфа-мотонейронам для реализации движения.

ТК-нейроны высшего порядка, получающие афферентацию от колонок коры, формируют управляющие сигналы для организации активности колонок ассоциативных зон коры в виде метаустойчивой распределенной системы.

Возможно, этот процесс лежит в основе механизма генерации как актуального перцептивного образа, так и образа, относимого к содержанию памяти.

Отметим, что формирование пачечного режима ТР-нейронов, его устойчивость связана с общим функциональным состоянием и конкретным поведением экспериментального животного. Например, пачечный ритм исчезает при возникновении ориентировочного рефлекса и восстанавливается в усиленном виде в период спокойно организованного активного поведения животного [9].

Функциональная роль ФОК в том и состоит, что, будучи “избирательно извлечённым” и пролонгированным фрагментом афферентного потока импульсов, ФОК становится единым организованным устойчивым (метаустойчивым) управляющим и пусковым сигналом.

Необходимо отметить, что поскольку на релейные нейроны таламуса постоянно

поступают стохастические потоки импульсов экстеро-, проприо и интерорецепции, то одномоментное воздействие пачечного залпа импульсов ТР-нейронов формирует комплексное ФОК всех указанных видов рецепции. Это означает по существу, что в едином управляющем сигнале (ФОК) устанавливается актуальная функциональная связь между сигналами внешней и внутренней среды. Полагаем, что это может лежать в основе механизма образования условного рефлекса.

АФФЕРЕНТЫ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

“Сходство структурной организации наиболее ярко выражено в случае подкорковых релейных ядер – латерального коленчатого тела в зрительной системе, медиального коленчатого тела в слуховой системе и дорзо-латерального ядра таламуса в соматосенсорной системе” [14]. Это есть весьма важное обстоятельство для согласованного взаимодействия указанных систем между собой и со структурами коры больших полушарий. Естественнo полагать, что от всех этих сенсорных систем к колонкам коры должен поступать однообразно организованный афферентный поток импульсов.

Как отмечалось ранее хаотический импульсный поток не имеет организующего значения для колонок коры. Известно, что сплошное равномерное освещение сетчатки при неподвижном глазном яблоке, вызывающее возбуждение всех рецепторов одновременно, приводит к блоку проведения сигналов через латеральное коленчатое тело.

Механизмы преобразования хаотического перцептивного потока в поток, имеющий сигнальное значение, т.е. обеспечение выбора и обособления возбужденных сенсорных единиц в афферентном импульсном потоке в указанных системах различны.

Если в соматосенсорной системе выделение сигнала в хаотическом перцептивном потоке от афферентов таламуса в кору представляет собой чисто нейрональный процесс, то в зрительной системе первоначально это осуществляется механически – саккадические движения глазных яблок.

Саккады обеспечивают смену точек фиксации. Типичное саккадическое движение глаза у человека равно десяти градусам и продолжается 45 мсек.

При произвольных саккадах длительность одиночной саккады может достигать 200 мсек. Каждый отдельный акт фиксации взора, длящийся примерно 0,15—2,0 сек, сопровождается дрейфом, тремором и мелкими саккадами [17].

Восприятие происходит только в период фиксации глаза. В период скачка релейные нейроны латерального коленчатого тела (ЛКТ) эффективно блокируются тормозным действием интернейронов ЛКТ, которые находятся под влиянием ретикулярных структур.

Известно, что зрительные перцептивные единицы, т.е. рецептор сетчатки, релейные нейрон ЛКТ и колонка коры специализированы на реагирование только одного из множества элементов контура воспринимаемого предмета и только на один цвет и не реагируют на иные стимулы.

Во время фиксации происходит восприятие именно того элемента контура, который оказался в поле ясного видения, активируются те рецепторы и релейные нейроны, естественная реакция которых соответствует обнаруженному элементу

контура и цвету.

Выделение элемента контура требует определенного времени (в пределах времени фиксации глаза). В исследованиях с применением тахископического предъявления изображения показано, что при коротких экспозициях (до 10 мсек.) субъект видит только гомогенную картину. При экспозиции в 20-40 мсек. начинают возникать достаточно ясные очертания предмета. Есть основания полагать что, механизм выделения сигнала в ЛКТ аналогичен таковому в дорзо-вентральном ядре соматосенсорной системы [31].

В коре формируется соответствующее функциональное объединение “избранных” колонок аналогичное ФОК в соматосенсорной системе.

Последовательно возникновение ФОК являются механизмом формирования элементной и цветовой составляющей зрительного образа.

Формирование пространственной составляющей в зрительном образе предмета связано с траекторией движения глаз и функционированием нейронного аппарата ЛКТ.

Восприятие признаков внешнего пространства непосредственно связано с направлением осей глазных яблок относительно друг друга и относительно головы и тела.

Эти сложные процессы нуждаются в последовательном организованном управлении.

Афферентные волокна, идущие от наружных мышц глаза в составе III, IV и VI нервов, направляются к нейронам, расположенным в ядре среднего мозга тройничного нерва. От ядра тройничного нерва проприорецептивные импульсы передаются вентрально расположенному комплексу ядер зрительного бугра и затем колонкам зрительных зон коры.

Второе переключение афферентных сигналов от глазных мышц происходит в дорзо-вентральном ядре зрительного бугра, т.е. совместно с афферентными сигналами соматосенсорной системы. Это означает, что механизм преобразования перцептивного потока импульсов от скелетных и глазодвигательных мышц един. Преобразование этих потоков происходит в одном ритме. Причем функционирование этого механизма не жестко программируемо, но адекватно разнообразию внешних факторов.

Достоинство этого механизма состоит в том, что колонки, афферентация которых соматосенсорного происхождения, и колонки, возбуждаемые афферентами глазодвигательных мышц, могут симультанно работать в составе одного ФОК. Это означает, что управляющие сигналы, проходящие по пирамидному тракту, содержат одновременно сигналы обусловленные воздействием факторов как внешнего, так и внутреннего пространства. Что, безусловно, важно, для координации движения глаз, головы и тела в целом.

АФФЕРЕНТЫ СЛУХОВОЙ СИСТЕМЫ

Путь от рецептора до центра в коре больших полушарий содержит от 3 до 5 уровней переключения и три уровня перекреста части волокон проводникового отдела: 1) периферический нейрон в спиральной ганглии улитки; 2) аксоны нейронов спиральной ганглии образуют волокна слухового нерва, заканчиваются в ядрах продолговатого мозга; 3) далее большинство волокон переключаются на клетках

нижних бугров четверохолмия среднего мозга; 4) затем, после частичного перекреста, волокна идут в медиальное коленчатое тело таламуса; 5) аксоны нейронов этого ядра проецируются в колонки коры. Центральный отдел слухового анализатора находится в верхней части височной доли больших полушарий. Модули ядер слуховой системы так же связаны двусторонними связями с соответствующими модулями иных структур.

Эта многоэтапность слухового пути, повидимому, обусловлена необходимостью выделения составляющих звукового сигнала во взаимодействии с сигналами сенсорных и двигательной систем.

Все раднообразии спектра частот внешнего звучания передается механически посредством устройств среднего уха и действует на рецепторы непосредственно, создавая хаотический импульсный поток на уровне первых переключений. Даже в тишине по волокнам слухового нерва следуют спонтанные стохастические импульсные потоки со сравнительно высокой средней частотой до 100 в секунду.

В этой сенсорной системе механизм преобразования перцептивного потока более сложен.

Действует ли механизм “избирательности” в слуховой афферентной системе также как в соматосенсорной или зрительной системах? Не известно. Дело в том, что сохранение без искажений естественной последовательности сигналов в звучании (речь) функционально необходимо. В то же время выделение значимых сигналов их шума так же необходимо.

Экспериментально показано, что чем дальше от улитки по слуховому тракту, тем более сложные звуковые характеристики требуются для активации нейронов последующего этапа переключения. Колонки слуховой коры (так же как и других проекционных зонах) специализированы реагировать на определенный паттерн в импульсном потоке

С определенностью можно сказать только то, что почти на всех переключениях имеет место тесная связь с ретикулярными структурами ствола и промежуточного мозга. Преобразования в сенсорном звуковом потоке происходят в общем ритме, что, безусловно, важно для совместного функционирования всех сенсорных систем.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ЦНС.

Понятие “распределенные системы” (РС) введено В. Маунткаслом. Это представление о цитоархитектонике ЦНС относится не только к организации процессов в коре больших полушарий, но и для структур иерархически расположенных ниже.

Согласно теории В.Маунткасла основные структуры головного мозга построены по принципу повторения одинаковых многоклеточных единиц-модулей. Связи нейронов модулей, локализованных в разных и часто далеко отстоящих друг от друга ядрах, образуют распределенные системы. Таким образом, РС состоят из нейрональных элементов модулей, связанных между собой в “эшелонированные” параллельные и последовательные объединения. Отдельный модуль может принимать участие в некотором числе распределенных систем [13].

Каждая РС имеет множество входов и выходов в ядрах, в которых она локализована.

Возбуждение нейронов, входящих в состав РС, активизирует интернейроны латерального торможения и тем самым временно стабилизирует РС. Эфферентные выходы РС на модули других ядер сигнализируют о ее активности, тем самым обеспечивая синергичное функционирование двигательной системы в целом.

В зависимости от распределения активности в афферентах модуля обособляется определенная распределенная система. В разное время или одновременно единичная РС может активироваться из разными афферентных источников.

В целом можно полагать, что цитоархитектоника анатомических образованиях мозга сформирована как суперпозиция сомато-топически организованных связей и распределенных систем.

Сомато-топические организованные связи стационарны, схемно постоянны, т.е. не изменяется в текущем функционировании.

Распределенные нейрональные системы схемно переменны. Состав нейронов в цепи может изменяться в процессе функционирования при реализации разнообразных движений.

Каждая распределенная система структурно сопряжена с сомато-топически организованной системой связей определенным эфферентным выходом. Поэтому, посредством “выбора” распределенной системы осуществляется и “выбор” выхода импульсного потока на конечный эфферентный путь – соответствующие мотонейроны.

ФОК коры больших полушарий в соответствии со схемой аксонных проекций оказывает сигнально-псковое воздействие на корковые, подкорковые образования (базальные ганглии, мозжечок и ядра ствола мозга) и сегментарный аппарат спинного мозга, избирательно активируя моторные и промежуточные нейроны, тем самым инициирует активизацию определенной РС.

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ В ПИРАМИДНОЙ И ЭКСТРАПИРАМИДНОЙ СИСТЕМАХ.

Нисходящее эфферентное влияние колонок ФОК по аксонам, составляющим пирамидную и экстрапирамидную системы, инициируют организацию как произвольного движения, так и распределение тонуса мышц для обеспечения соответствующей необходимой позы.

Как уж отмечалось, одновременное влияние ФОК на все нижележащие структуры ЦНС служит организующим фактором взаимодействия этих структур.

Цитоархитектоника интернейронного аппарата ЦНС формировались в соответствии с законами и “требованиями” морфогенеза в онтогенезе на основе имитации двигательных актов в процессе различного рода обучения. Это привело к формированию естественных устойчивых распределенных систем в ЦНС

Пирамидный тракт. Непосредственные двигательные сигналы о произвольном движении в сегментарный аппарат спинного мозга передаются через пирамидный тракт (30% волокон тракта исходят из первичной моторной зоны, 30% — от премоторной зоны и 40%- от соматосенсорных областей коры).

Эфферентное воздействие ФОК проецируется, прежде всего, на управляемые сенсорно-рецепторные структуры: гамма-мотонейроны интрафузальных волокон скелетных и глазодвигательных мышц.

Известны данные о существовании особых кортико-фузимоторных аксонных проекций, отличающихся большой скоростью передачи импульсов и моносинаптической связью с гамма-мотонейронами. Причем этих аксонов большинство в составе пирамидного тракта. Показано, что моносинаптическая активация аксонами пирамидного тракта имеет место у 53% исследованных гамма-мотонейронов. Латентный период ответа гамма-мотонейронов короче, чем в альфа-мотонейронов (10-15 мсек.) [5].

Активизация мышечных рецепторов по существу является способом измерения напряжения и длины мышцы. Общая активация гамма-системы создает отображение распределения состояний мышц скелетно-мышечной системы в целом. Поскольку ритм пачечной активности залпов ТР-нейронов составляет обычно 10 Гц, можно говорить о том, что считывание состояния мышц происходит десятком раз в секунду. Кстати известно, что частота нормального физиологического тремора скелетных мышц составляет также порядка 10 гц.

Функциональный смысл первоочередной пирамидной активации гамма-мотонейронов и соответственно фузимоторной рецепторной системы состоит в следующем:

- предварительное повышение возбудимости альфа-мотонейронов мышц, которым предназначено (соответствующий состав ФОК) стать ведущими в предстоящем двигательном акте (волокна 1А);
- создание потока импульсов обратной афферентации для формирования распределенных систем в структурах ствола и спинного мозга;
- обеспечение актуального потока импульсов (II-афференты) в ствольные ядра и в проекционную зону коры для формирования последующих ФОК.

Формирование последовательности ФОК – процесс циклический. В каждом цикле отображается фрагмент динамики изменения длинн мышц в микро интервалах времени. В каждом цикле содержится ресурс управления для реализации предстоящего мышечного движения.

Объем и разрешающая способность кортикального управления фузимоторной иннервацией весьма значительны [5].

В составе пирамидного тракта находятся так же аксон моносинаптически связанные с альфа-мотонейронами. Но, пусковое моносинаптическое воздействие этих пирамидных волокон на альфа-мотонейроны происходит параллельно и взаимосвязано с воздействием нейронов красного ядра и ретикулярной формации.

Существование сигнально-пусковой и корректирующей функции в механизме работе мозга предполагал Н.А. Бернштейн [3]. Отмечая особенности процессов регуляции в ЦНС он писал, что “разграничение сигнально-пусковой и коррекционной функций рецепторов нами намеренно проведено более резко и альтернативно, чем это имеет место в физиологической действительности, где, несомненно, оба вида функционирования могут и налагаться друг на друга во времени, и переходить один в другой”.

Экстрапирамидная система реализует организацию и управление автоматизированных движений и поддержание необходимой позы [5].

Экспериментально показано, что началу конкретного произвольного движения предшествует изменение распределения возбудимости мотонейронов различных модулей сегментарного аппарата спинного мозга. Происходит усиление возбудимости мотонейронов, которым предстоит ведущее участие в реализации произвольного движения, вызываемого ФОК.

Этот феномен, названный “преднастройка”, обнаруживается за 50-60 (а возможно, и за 100 мсек) до начала движения. Электрическая активность, например, в четырехглавой мышце бедра появляется через 160-180 мсек. после сигнала к разгибанию колена. Но амплитуда коленного рефлекса начинает увеличиваться уже за 70-60 мсек. до появления произвольной активности [8].

Функциональное предназначение процессов периода “преднастройки” состоит в том, что формирование очередного пускового сигнала – ФОК должно происходить с учетом актуальной ситуации в скелетно-мышечном аппарате. Необходимо, чтобы вектор очередного пускового сигнала процессуально должен находиться в пределах потенциально возможного действия.

Естественно полагать что, процесс “преднастройки” сегментарного аппарата спинного мозга обеспечивается актуализацией и функционированием распределенных систем, локализованных в ядрах ствола и межсегментарных связях спинного мозга.

Активация определенной РС в ядрах экстрапирамидной системы происходит в результате взаимодействия встречных импульсных потоков от ФОК и обратной афферентации от мышечных и суставных рецепторных систем.

Достаточно оснований полагать что, функционирование пусковых ФОК и управляющих подкорковых стволовых и спинальных РС проявляется в виде “естественных двигательных синергий” (ЕДС).

Термин и концепция естественных синергий предложена [18]. Авторы выделяют три вида двигательных синергий:

- управляющие – согласованное изменение центральных управляющих сигналов.
- динамические – согласованное изменение силовых моментов (мышечные силы)
- кинематические – согласование изменения суставных углов.

ЕДС управляются независимо, как по прямой, так и по обратной связям. Они выделяются в ЦНС как специальные единицы функционирования скелетно-мышечного аппарата [15].

Согласно Peterka R. J. [26] в автоматическом управлении ЕДС имеется три петли управления по обратной связи:

- первая петля обратной связи реализуется рефлексом на растяжение. Задержка в этой петле составляет 50-60 мсек.;

- вторая петля проходит через структуры головного мозга, принимает участие в взаимодействии со зрительной, вестибулярной и тактильной сенсорными систем. Временная задержка в этой петле вариабельна.

- третья чисто механическая петля обеспечивается вязко-эластическими свойствами мышц, сухожилий и связок. В этой петле нет временной задержки.

Концепция естественных синергий может быть обобщена на случаи любого движения человека. Построение многосуставного движения упрощается до уровня управления движением с одной степенью свободы [15].

Полагаем, что сопряженное функционирование ФОК, РС и ЕДС может обеспечить столь эффективное построение движений и все их разнообразие.

ЛИМБИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

В составе лимбической системы находятся анатомические образования, локализованные в коре полушарий, промежуточном мозге и стволе. В систему они объединяются по структурному и функциональному признакам.

Характерной особенностью лимбической системы является то, что ядра, входящие в ее состав, связаны в замкнутые контуры – круги Пейпеца.

На клеточном уровне связи представляют собой множество параллельных аксонных путей между нейронами модулей ядер системы. Цитоархитектоника лимбической системы аналогична таковой в сенсорной и двигательной системах.

Функциональную организацию лимбической системы можно рассматривать как множество стационарных параллельных распределенных систем.

В зависимости от распределения импульсных потоков в афферентах модулей происходит активация той или иной РС. Сигналы ФОК коры обеспечивает “выбор” актуальной РС. Управляющие афферентные сигналы, влияющие на выбор РС, поступают так же от ядер сенсорной и двигательной систем, расположенных на всех уровнях мозга.

Эфферентными мишенями лимбической системы являются нейроны ядер и ганглий периферической вегетативной нервной системы. Она управляет гладкими мышцами кровеносных сосудов тканей, органов и железами. Каждая РС лимбической системы управляет вегетативными процессами по сегментарно.

Такая структура обеспечивает взаимодействие экстеро-, проприо- и интерорецепции в управлении метаболизмом и синергичное функционирование органов и систем в эффективном энергетическом обеспечении тканей организма.

Для формирования перцептивного образа весьма важно, чтобы эффективное и адекватное энергетическое обеспечение работы скелетных и гладких мышц осуществляется сопряженным функционированием сенсорной, двигательной и лимбической систем.

ФУНКЦИИ РЕТИКУЛЯРНОЙ ФОРМАЦИ.

Ретикулярной формации (РФ) ствола мозга принадлежит особая роль. Это самое древне формирование. На ранних стадиях филогенеза оно обеспечивало объединение многоклеточного сообщества в единый организм. Эта её роль сохранилась до сих пор.

Цитоархитектоника РФ представляет собой диффузную бифрактальную нервную сеть без признаков соматотопической организации. Известны двусторонние – афферентные и эфферентные – связи со всеми структурными образованиями мозга. Множественность независимых входов и отсутствие признаков внутренней соматотопической организации есть предпосылки к возникновению в ней хаотического нейронального процесса.

В исследованиях моделей подобных нейрональной сети обнаружено, что первоначально возникает хаотический импульсный процесс, переходящий в режим

самоорганизации и формирования устойчивого динамического состояния в виде ритма или иного паттерна [2, 10, 11, 12].

Наличие устойчивых ритмов в РФ ствола мозга и в сопряженных с ней ретикулярных ядрах таламуса показано в многих физиологических экспериментах.

Доминирующим в состоянии релаксации является альфа-подобный ритм частотой 8-12 в сек. Вариации частоты ритма обнаруживают связь с функциональным состоянием организма и, повидимому, могут обуславливать темп двигательной и ментальной деятельности.

Ритм в РФ создает во всех структурах ЦНС однообразную дискретность в изначально стохастических потоках импульсов.

Таким образом, ретикулярная формация кроме классической функции регуляции общего уровня активности мозга (бодрствование, релаксация, сон) создает посредством ритмов временную упорядоченность функционирования всех нейрональных структур и систем мозга. Это является предпосылкой к возникновению временной упорядоченности функционирования разрозненных нейрональных структур.

Ритмы, возникающие в ретикулярной формации, феноминально проявляются в виде физиологического тремора в мышцах, саккадических движений глаз и альфа-ритма ЭЭГ.

Действительно, всякая продуктивная деятельность требует временной упорядоченности последовательных и параллельных действий. Отсутствие организующего фактора (в данном случае ритма) приводит к разрушению организованности. Все элементы системы становятся функционально разрозненными, функционирующая система распадается.

Характерно, что внешние воздействия могут значительно изменять формирование ритмов. Например, из спортивной практики известно, что выполнение движений под ритмическую музыку позволяет усовершенствовать чувство ритма, повысить эффективность взаимодействия сенсорных систем, быстрее формировать и доводить до автоматизма двигательные навыки,

ФОРМИРОВАНИЕ ОБРАЗОВ

Есть основания полагать, что механизм сопряженного функционирования ФОК, РС и ЕДС может обеспечить необходимое разнообразие реализуемой и возможной деятельности субъекта. Единичное ФОК представляет собой структурно и функционально обусловленное, но случайное (стохастическое) событие. Целостное действие, организованное последовательными ФОК, реализуемое РС и ЕДС представляют собой упорядоченное динамическое состояние нервно-мышечной системы в целом. Это состояние может быть определено как перцептивный образ.

Нейрональные процессы, лежащие в основе перцептивного образа, высоко частотны (в нейрофизиологическом плане). Они не соответствуют обычным временным параметрам восприятия. Кроме того, нейрональные и мышечные процессы по своей природе электрохимические. Поэтому внутримозговые нейрональные процессы и мышечные сокращения как таковые не воспринимаемы. В целом мозговые и мышечные процессы могут ощущаться, но как изменение работоспособности – усталость, alertность.

Концептуальная модель мозгового механизма формирования образов

Перцептивный образ – это преимущественно внутри мозговой, чисто нейродинамический процесс.

На основе анализа выше описанных процессов можно сделать заключение о некоторых свойствах перцептивного образа:

- образ не является результатом какого-либо жёстко программируемого процесса, образ есть вероятностное событие;

- элементный состав образа благодаря ФОК не ограничен в своем разнообразии перцептивных составляющих, в нем последовательно отображается разнообразие процессов, как во внешнем, так и внутреннем пространстве;

- в основе образа высоко частотные нейрональные процессы, не сопоставимые по временным характеристиками с реальным привычным восприятием; потому перцептивный образ не воспринимаем;

- мышечные сокращения, как инерционные процессы, обеспечивают преемственность и непрерывность нейрональных процессов; работа ансамбля мышц может определять временные параметры целостного перцептивного образа.

Итак, только в сопряженном функционировании нервная и мышечная системы могут формировать управляемые и автоматизированные моторные действия, по временным характеристикам соответствующие процессам реального восприятия.

Мышечное сокращение – это силовой феномен. Силовые эффекты ансамбля мышц проявляются и воспринимаются как напряжение, сопротивление, противодействие, возможность или невозможность совершения движения. Именно эти силовые эффекты ощущаются и воспринимаются. Именно здесь происходит переход от перцептивного образа к образу психическому.

Воспринятые силовые эффекты мышц могут быть обозначено знаком, именовано словом. Но знак будет адекватным восприятию только в том случае, если ощущение может быть причинно сопоставлено с определенным конкретным проявленным движением.

Именно поэтому энергетические состояния отдельной мышцы не возможно адекватно воспринять и обозначить, потому что ни визуально или каким либо другим способом не возможно обнаружить ее участие в целостном движении. Если же визуализировать сокращение отдельной мышцы (электромиографически), то прибегается возможность управлять ее работой в отдельности, ощущать ее силовые эффекты.

Другими словами, если есть возможность причинно связать восприятие силовых эффектов сокращения мышц с самой мышцей, то это ощущение становится содержанием психического образа.

Зрительное восприятие контура и формы наблюдаемого предмета, т.е. пространственная составляющая образа, формируется как восприятие силового эффекта сокращения глазодвигательных мышц.

Все разнообразные проявления сопряженного функционирования нервной и мышечной систем мы обозначаем (именуем) не в терминах работы отдельных мышц, и даже не в терминах воспринятых силовых эффектов ансамбля мышц, но в терминах кинематики и динамики проявленного движения.

Как вывод, можно заключить – субъект воспринимает только эффекты

ньютоновских сил.

Уже не кажется простым совпадением в русском языке корней слов – мысль, мышление, мышца. В классической работе “Рефлексы головного мозга” И.М. Сеченов пишет: “Все проявления мозговой деятельности могут быть сведены на мышечное движение”.

Перцептивный и психический образы сопряжены по пространственным и временным параметрами и обнаруживают четкую неразрывную связь между собой.

Но они различны по своей природе. Перцептивный образ всецело материально-вещественный процесс. Психический образ - процесс энергетический, силовой. Тем самым в психическом образе появляются признаки идеальности в философском понимании.

Психический образ сам по себе имеет внутренние пространственные и временные параметры, но его как целостное формирование невозможно локализовать относительно собственного тела или любого предмета в окружающем пространстве.

Как перцептивный так и психический образы имеют по крайней мере три общие для них составляющие: двигательную, т.е. пространственно-временную, квалиа, т.е. ощущение без отнесения к пространству, и эмоции.

Феноменологически очевидно, что в содержании образа имеет место то, что обозначается как отношение субъекта к воспринимаемому предмету или явлению. В этом состоит сущность эмоций.

Эмоции, как составляющие перцептивного образа, формируются в мозговых структурах ответственных за управление вегетативными процессами. Механизм формирования перцептивного образа в вегетативно-эмоциональной сфере идентичен механизму формирования образа в двигательной сфере. Отличие состоит только в том, что в эмоциональной составляющей мы воспринимаем силовые эффекты гладких мышц кровеносных сосудов и органов.

Перцептивный образ значительно более богат и содержателен, чем образ психический.

Разнообразие функционирования ансамбля мышц воспринимается как обобщенный силовой эффект, который обозначается в терминах статики, динамики и кинематики.

В случае речи (озвученной, внутренней, письменной) мышечные силовые эффекты обозначаются как названия, определения. Связь между сокращениями множества мышц и обобщенным силовым эффектом неоднозначна и нелинейна. Кроме того, мы, вероятно, можем воспринимать силовые эффекты не в полном объеме и тем более не адекватно вербализовать.

В настоящей работе рассматривались непосредственные, наиболее конкретные по содержанию образы, которыми мы оперируем в повседневной жизни. Образы более широкой содержательности – инструмент сознания. Они формируются по законам тех областей познания, созидания и творчества, к которым относятся. Будучи материализованными (речь, текст, вещь, устройство, произведение) эти образы последовательно эксплуатируются субъектом посредством перцептивного и психического образов, непосредственно связанных с функционированием мозга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В нейропсихологии доминирует системный принцип организации функционирования мозга. Наличие схемно организованной системы необходимо даже в случае реализации односложного двигательного акта. Активность обособленной функциональной системы различной степени сложности можно рассматривать как элементарный перцептивный образ. Системность, безусловно, является фундаментальной основой функционирования мозга, но недостаточна для обеспечения разнообразия сложных движений и поведения.

Реализация целенаправленного, кинематически многокомпонентного движения представляет собой последовательное и/или параллельное формирование и функционирование очередной функциональной системы, очередного элементарного перцептивного образа.

С необходимостью должно осуществляться своевременное переключение одного перцептивного образа на очередной образ, с одной двигательной синергии на другую.

В рамках системности подобные переключения представляется невозможными: системы монофункциональны, имеют тенденцию к структурной и функциональной устойчивости. Необходим механизм выбора. Особо это важно в обычных условиях процессуальной неопределенности во внешней и внутренней среде организма.

Эвристический механизм функционирования структурного комплекса “таламус-кора больших полушарий мозга” обеспечивает эту возможность. Взаимодействие разнородных потоков импульсов на релейных нейронах таламуса (хаотического перцептивного и ритмичного, организованного в пачки импульсного потока из ретикулярной системы) избирательно пролонгирует активность одних релейных нейронов и блокирует активность остальных нейронов. Возбужденные релейные нейроны таламуса формируют функциональные объединения колонок коры. Эти симультанно работающие колонки коры активируют естественные распределенные системы в иерархически нижележащих структурах.

В соответствии с динамикой распределения интенсивности перцептивных импульсных потоков в афферентах всех модальностей формируется состав активных колонок коры и направленность сценария возникновения очередных перцептивных образов. Процесс формирования перцептивных образов и их последовательности предполагает сопряженное функционирование эвристического и системного механизмов.

Внутримозговые нейрональные процессы по природе импульсные, высокочастотные, метастойчивые, имплицитные и, соответственно, не воспринимаемые.

Эфферентными выходами нейрональной активности являются их проекции на мышцы. Нервно-мышечное сопряжение обеспечивает частотное преобразование, преемственность нейрональных процессов и их устойчивость. Именно здесь происходит преобразование перцептивного образа в психический образ.

Воспринимаемые, т.е. психические, образы по природе низкочастотны, континуальны, объемны. По указанным характеристикам психические образы вполне соответствуют функционированию ансамблей мышц.

Если задаться вопросом, что мы все же ощущаем и воспринимаем? То окажется, именно эффекты ньютоновских сил. Особенно это демонстративно на примере зрительного восприятия пространства и контуров предметов.

Исходя из этого, есть основания полагать, что психический образ связан с работой мышц и имеет силовую, энергетическую природу.

Субъект переживает психический образ как определенное собственное внутреннее состояние и потому образ остается имплицитным. Он не может непосредственно транслироваться другому субъекту.

Но, обычно это состояние обозначается, т.е. связывается с предметом или явлением внешнего или внутреннего мира. Эта связь придает психическому образу свойства эксплицитности. Здесь совершается переход психических образов в образы, которые являются содержанием сознания. Этот связующий элемент принято именовать как знак. В качестве знака может быть любой предмет или действие (слово, жест, вещь...).

Закономерности и проблемы общения между индивидами посредством знаков являются предметом исследований семиотики, лингвистики, психологии. С позиции нейропсихологии важно лишь то, что воспринятый знака так же является образом и в мозге формируется комплексный образ объекта и знака. Последовательная цепь явлений – рецепция, перцептивный образ, психический образ, знак, сознание-физически непрерывна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арбиб М. Метафорический мозг. – М.: «Мир», 1976. – 296 с.
2. Балантер Б.И., Лисин В.В. Математические модели нейродинамических процессов // Итоги науки и техники. Бионика, Биокибернетика, Биоинженерия. – 1979. Т. 3. С. 52-100.
3. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. – М.: Медицина, 1966. – 349 с.
4. Блум Ф., Лейзерсон А., Хофстедтер Л. Мозг, разум и поведение. – М.: «Мир», 1988. – 248 с.
5. Гранит Р. Основы регуляции движений. – М.: «Мир», 1973. – 239 с.
6. Грегори Р.Л. Глаз и мозг. Психология зрительного восприятия. – М.: Прогресс, 1970. – 271 с.
7. Грегори Р. Разумный глаз. – М.: Мир, 1972. – 210с.
8. Гурфинкель В.С., Шик М.Л. Об одном механизме супраспинального управления движением. В кн.: Механизмы нисходящего контроля активности спинного мозга. М.: «Наука», 1971. – С. 128-139.
9. Данилова Н. Н. Активность мозга и ее изучение в психофизиологической школе Е.Н. Соколова // Вестн. моск. ун-та. Сер. 14. психология. – 2010. – № 4. – С. 79-109.
10. Кащенко С.А., Майоров В.В. Модели волновой памяти. – М.: Книжный дом «Либроком», 2013. – 288 с.
11. Коротков А. Г., Осипов Г. В. Последовательная активность в нейронном ансамбле с возбуждающими связями // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. – 2013. – Т. 21. – Вып. 5. – С. 92-107.

12. Ливанова Т.А., Казаков А.О., Коротков А.Г., Осипов Г.В. Влияние электрической связи на динамику ансамбля нейрон подобных элементов с синаптическими тормозящими связями // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. – 2018. – Т. 26. – № 5. – С. 101-112. – URL: <https://doi.org/10.18500/0869-6632-2018-26-5-101-112>.
13. Маунткасл В. Организующий принцип функции мозга: Элементарный модуль и распределенная система // Флогистон (библиотека по психологии). – 2002. – № 10. – С. 11.
14. Сентаготаи Я., Арбиб М. Концептуальные модели нервной системы. – М.: Мир, 1976. – 198 с.
15. Фролов А. А., Александров А.В. Концепция «Естественных синергий» как развитие представлений Н.А. Бернштейна о двигательных синергиях / Идеи Н.А. Бернштейна в наши дни. Сб. статей. – М.: «КДУ», «Университетская книга», 2019. – 176 с.
16. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение. – М.: Мир, 1990. – 240 с.
17. Ярбус А.Л. Роль движений глаз в процессе зрения. М.: Наука, 1966. – 173 с.
18. Alexandrov A.V., Frolov A.A., Massion J. Biomechanical analysis of movement strategies in human forward trunk bending // Modeling. Biol. Cybern. – V. 84. – 2001. – P.425-434.
19. Choe Y. Role of the thalamic reticular nucleus in selective propagation of the results of cortical computation. Texas: A and M University, 2005. – URL: www.researchgate.net.
20. Crick F. Function of the thalamic reticular complex: The searchlight hypothesis // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. Neurobiology. – 1984. – Vol. 81. – P. 456-4590.
21. Crick F. Thinking about the brain // Sci Am. – 1979. – No. 241(3). – P. 219-232.
22. Guillery R.W. Anatomical evidence concerning the role of the thalamus in corticocortical communication: a brief review // J. Anat. – 1995. – No. 187. – P. 583-592.
23. Lam Y-W, Sherman S M. Functional organization of the thalamic input to the thalamic reticular nucleus // J Neurosis. – 2011. – No. 4;31(18). – P. 6791-6799.
24. Mountcastle V.B. Introduction. Computation in cortical columns // Oxford J. Life Sciences, Medicine, Cerebral Cortex. – 2003. – No. 13(1). – P. 2-4.
25. Nakajima M., Halass M. Thalamic control of functional cortical connectivity // Current Opinion in Neurobiology. – 2017. – Vol. 44. – P. 127-131.
26. Ohara P.T., A.R. Lieberman. The thalamic reticular nucleus of the adult rat: experimental anatomical studies // J. Neurocytol. – 1985. – No. 4. – P. 365-411.
27. Ohara P.T. Synaptic organization of the thalamic reticular nucleus // J. Electron Microsc. – 1988. – No. 10. – P. 283-292.
28. Peterka R.J. Sensorimotor integration in human postural control // J Neurophysiol. – 2002. V. 85. – P. 1097-1118.
29. Pinault D. The thalamic reticular nucleus: structure, function and concept // Brain Research. – 2004. – Rev. 46. – P. 1-31.
30. Sherman S M. Thalamic relays and cortical functioning //Review Prog Brain Res. – 2005. – No. 149. – P. 107-126. – URL: [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(05\)49009-3](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(05)49009-3). – DOI:10.1016/S0079-6123(05)49009-3.
31. Sillito A., Jones H. The role of the thalamic reticular nucleus in visual processing // Thalamus and Related Systems. – 2008. – No. 4 (1). – P. 1-12.
32. Spreafico R., V. de Curtis, Frassoni C., Avanzini G. Electrophysiological characteristics of morphologically identified reticular thalamic neurons from rat slices // Neuroscience. – 1988. – No. 27. – P. 629-638.

CONCEPTUAL MODEL OF THE BRAIN MECHANISM OF IMAGE FORMATION

Lisin V.V.

Moscow, Russian Federation; vvllissin@gmail.com

Abstract. In this paper, we propose a version of the brain mechanism for the emergence and formation of perceptual and mental images. The initial event of the appearance of a perceptual image is the result of interaction on the relay neurons of the thalamus of a sensory chaotic pulse flow and a packet-organized pulse flow originating from reticular structures. The next stage is the formation of a meta-stable dynamic association of excited columns of the cerebral cortex. The role of this association and intrafusal muscle reception in activation of distributed brain systems and formation of a perceptual image is considered. This image is considered as a metastable state of synergistic processes in neuromuscular structures. The substantiation of non perceptibility of the perceptual image is given. It is assumed that the perceived effects of Newtonian forces associated with muscle contractions form the basis of the mental image. The properties of perceptual and mental images, their difference and conjugation are discussed. The role of the mental image in interaction with images of consciousness.

Keywords: thalamus, cerebral cortex, reverse afferentation, distributed systems, natural motor synergies, perceptual image, mental image.

REFERENCES

1. Arbib M. *Metaforicheskiy mozg* [Metaphorical brain]. M.: «Mir», 1976. 296 p.
2. Balanter B.I., Lisin V.V. *Matematicheskie modeli nejrodinamicheskix processov* [Mathematical models of neurodynamic processes]. *Itogi nauki i tekhniki. Bionika, Biokibernetika, Bioinzheneriya. [Results of science and technology. Bionics, Bio-cybernetics, Bioengineering]*. 1979. T. 3. P. 52-100.
3. Bernshtejn N.A. *Ocherki po fiziologii dvizhenij i fiziologii aktivnosti* [Essays on the physiology of movements and the physiology of activity]. M.: Medicina, 1966. 349 p.
4. Blum F., Lejzerson A., Xofstedter L. *Mozg, razum i povedenie* [Brain, mind and behavior]. M.: «Mir», 1988. 248 p.
5. Granit R. *Osnovy` regulyacii dvizhenij* [Fundamentals of the regulation of movements]. M.: «Mir», 1973. 239 p.
6. Gregori R.L. *Glaz i mozg. Psixologiya zritel`nogo vospriyatiya* [The eye and the brain. Psychology of visual perception]. M.: Progress, 1970. 271 p.
7. Gregori R. *Razumny`j glaz* [The intelligent eye]. M.: Mir, 1972. 210 p.
8. Gurfinkel` V.S., Shik M.L. *Ob odnom mexanizme supraspinal`nogo upravleniya dvizheniem* [On one mechanism of supraspinal motion control]. In: *Mexanizmy` nixodyashhego kontrolya aktivnosti spinnogo mozga* [Mechanisms of top-down control of spinal cord activity]. M.: «Nauka», 1971. P. 128-139.
9. Danilova N. N. *Aktivnost` mozga i ee izuchenie v psixofiziologicheskoy shkole E.N. Sokolova* [Brain activity and its study in the psychophysiological school E. N. Sokolova]. *Vestn. mosk. un-ta. Ser. 14. psixologiya*. 2010. No. 4. P. 79-109.
10. Kashhenko S.A., Majorov V.V. *Modeli volnovoj pamyati* [Models of wave memory]. M.: Knizhny`j dom «Librokom», 2013. 288 p.
11. Korotkov A. G., Osipov G. V. *Posledovatel`naya aktivnost` v nejronnom ansamble s vobuzhdayushhimi svyazami* [Sequential activity in a neural ensemble with excitatory connections]. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya nelinejnaya dinamika* [Applied nonlinear dynamics]. 2013. Vol. 21. No. 5. P. 92-107.
12. Livanova T.A., Kazakov A.O., Korotkov A.G., Osipov G.V. *Vliyanie e`lektricheskoy svyazi na dinamiku ansamblya nejron podobny`x e`lementov s sinapticheskimi tormozyashhimi svyazami* [Influence of electrical communication on the dynamics of an ensemble of neural elements with synaptic inhibitorysvyazami]. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya nelinejnaya dinamika* [Applied nonlinear dynamics]. 2018. Vol. 26. No. 5. P. 101-112. URL: <https://doi.org/10.18500/0869-6632-2018-26-5-101-112>.

13. Maunkasl V. Organizuyushhij princip funkcii mozga: E`lementarny`j modul` i raspredelennaya sistema [Organizing principle of brain function: Elementary module and distributed system]. *Flogiston (biblioteka po psixologii) [Phlogiston (library of Psychology)]*. 2002. No. 10. P. 11.
14. Sentagotai Ya., Arbib M. Konceptual`ny`e modeli nervnoj sistemy` [Conceptual models of the nervous system]. M.: Mir, 1976. 198 p.
15. Frolov A. A., Aleksandrov A.V. Konceptciya «Estestvenny`x sinerгий» kak razvitie predstavlenij N.A. Bernshtejna o dvigatel`ny`x sinerгийax [The concept of "Natural synergies" as the development of N.A. Bernstein's ideas about motor synergies]. *Idei N.A. Bernshtejna v nashi dni [Ideas of N.A. Bernshtejn in our days]*. Sb. Statej [Collection of articles]. M.: «KDU», «Universitetskaya kniga», 2019. 176 p.
16. X`yubel D. Glaz, mozg, zrenie [Eye, brain, vision]. M.: Mir, 1990. 240 p.
17. Yarbus A.L. Rol` dvizhenij glaz v processe zreniya [The role of eye movements in the process of vision]. M.: Nauka, 1966. 173 p.
18. Alexandrov A.V., Frolov A.A., Massion J. Biomechanical analysis of movement strategies in human forward trunk bending. *Modeling. Biol. Cybern.* 2001. Vol. 84. P. 425-434.
19. Choe Y. Role of the thalamic reticular nucleus in selective propagation of the results of cortical computation. Texas: A and M University, 2005. URL: www.researchgate.net.
20. Crick F. Function of the thalamic reticular complex: The searchlight hypothesis. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA. Neurobiology*. 1984. Vol. 81. P. 456-459.
21. Crick F. Thinking about the brain. *Sci Am*. 1979. No. 241(3). P. 219-232.
22. Guillery R.W. Anatomical evidence concerning the role of the thalamus in corticocortical communication: a brief review. *J. Anat.* 1995. No. 187. P. 583-592.
23. Lam Y-W, Sherman S M. Functional organization of the thalamic input to the thalamic reticular nucleus. *J. Neurosis*. 2011. No. 4;31(18). P. 6791-6799.
24. Mountcastle V.B. Introduction. Computation in cortical columns. *Oxford J. Life Sciences, Medicine, Cerebral Cortex*. 2003. No. 13(1). P. 2-4.
25. Nakajima M., Halass M. Thalamic control of functional cortical connectivity. *Current Opinion in Neurobiology*. 2017. Vol. 44. P. 127-131.
26. Ohara P.T., A.R. Lieberman. The thalamic reticular nucleus of the adult rat: experimental anatomical studies. *J. Neurocytol.* 1985. No. 4. P. 365-411.
27. Ohara P.T. Synaptic organization of the thalamic reticular nucleus. *J. Electron Microsc.* 1988. No. 10. P. 283-292.
28. Peterka R.J. Sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol.* 2002. Vol. 85. P. 1097-1118.
29. Pinault D. The thalamic reticular nucleus: structure, function and concept. *Brain Research.* 2004. Rev. 46. P. 1-31.
30. Sherman S M. Thalamic relays and cortical functioning. *Review Prog Brain Res.* 2005. No. 149. P. 107-126. URL: [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(05\)49009-3](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(05)49009-3). DOI: 10.1016/S0079-6123(05)49009-3.
31. Sillito A., Jones H. The role of the thalamic reticular nucleus in visual processing. *Thalamus and Related Systems*. 2008. No. 4 (1). P. 1-12.
32. Spreafico R., V. de Curtis, Frassoni C., Avanzini G. Electrophysiological characteristics of morphologically identified reticular thalamic neurons from rat slices. *Neuroscience*. 1988. No. 27. P. 629-638.