
Обзоры и рецензии

ОСОБЕННОСТИ СЕЛЕКЦИИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ КРЕАТИВНОМ МЫШЛЕНИИ

О.М. РАЗУМНИКОВА



Разумникова Ольга Михайловна — главный научный сотрудник ГУ НИИ физиологии СО РАМН, профессор кафедры педагогики и психологии Новосибирского государственного технического университета, доктор биологических наук.

Автор книг «Мышление и функциональная асимметрия мозга», «Отражение личностных свойств в функциональной активности мозга» и учебных пособий «Психофизиология. Социальный мозг», «Способы измерения креативности», «Биологические и социальные основы здоровья», «Основы социальной медицины».

Контакты: razoum@mail.ru

Резюме

Выполнен анализ частотно-пространственной организации активности коры головного мозга при креативном мышлении и проведено ее сопоставление с функциями систем внимания. Преобладание целенаправленного фокусирования внимания при постановке проблемы, планировании ее решения или критическом переборе сгенерированных идей сопровождается повышением активации коры, тогда как переход к дефокусированному вниманию — к противоположным процессам снижения активации: преимущественно в лобной коре, выполняющей функции исполнительного и поддерживающего внимания, а затем и в задних отделах коры, ответственных за воспроизведение ресурсов знания. Результирующая стратегия селекции информации и соответствующий ей уровень активации коры и взаимодействия полушарий определяется дополнительно мотивацией творческой деятельности и структурой интеллекта, от которых зависит субъективно оцениваемая сложность решаемой задачи.

Ключевые слова: креативность, селективные процессы, системы внимания, активация коры головного мозга, полушарное взаимодействие

При классификации процессов селекции информации в настоящее время выделяют три системы (Fan et al., 2002; Posner, Rothbart, 2007). Система *готовности*, или *бдительности*, включает «фазическую» — связанную с выполнением задания и «внутреннюю» — регулируемую обшей когнитивный контроль активности. Другая система *ориентации* (orienting), или селекции, определяет способность выделять специфическую информацию среди множества сенсорных стимулов. Регуляция этой селекции осуществляется на основе двух принципов: нисходящей сверху вниз регуляции (top-down) и/или восходящей (bottom-up). Третья система — «исполнительного» внимания — выполняет функции целенаправленного фокусирования внимания, а также контроля и разрешения конфликта в селективных процессах. Анатомически система бдительности представлена префронтальной и теменной областями правого полушария, ориентации — верхними отделами теменной и височной коры, центральным звеном исполнительной системы считают сингулярную и дорзолатеральную префронтальную кору (Raz, Buhle, 2006). Все перечисленные системы тесно взаимодействуют в организации любой сложной когнитивной функции и решении разнообразных проблем, в том числе креативных. Каковы же особенности селективных процессов, позволяющие найти новое, оригинальное решение проблемы?

Особенности селективных процессов, обусловленные разным уровнем активации мозга

Наиболее часто упоминаемая в литературе особенность внимания,

присущая креативному мышлению, — так называемое «*дефокусированное*» внимание (Mendelsohn, 1976; Martindale, 1999; Urban, 2003). Селекция информации в этом случае осуществляется при слабой, но регионарно широко представленной в коре активации. Первые доказательства этой гипотезы были опубликованы К. Мартиндейлом. Он обнаружил, что высоко креативные лица выполняют тест Гилфорда при более низком уровне корковой активации (большие значения альфа-ритма), чем низко креативные (Martindale, 1999). Однако отмеченный эффект был характерен только в период генерации идей и исчезал на стадии их разработки, а также при увеличении интеллектуальной сложности креативного задания.

Согласно гипотезе К. Мартиндейла, основные стадии творческого процесса: постановка задачи, ее разработка, период инкубации и внезапное «озарение» (инсайт) отражают последовательные этапы фокусирования и дефокусирования внимания. На первом этапе постановки задачи происходит фокусирование внимания на отдельных значимых «узлах» обработки информации, что отражается в повышении активации тех участков коры, которые специализированы для обработки информации соответствующего типа. Такое локальное усиление активации сопровождается торможением соседних областей мозга (латеральное торможение) (Anderson, Spelman, 1995). Со временем вследствие естественного снижения внимания, поддерживающего стремление к решению задачи, в силу сопряженных процессов активации и торможения

они ослабляются вместе. Это, в свою очередь, приводит к расширению («расфокусированию») селективных процессов и к тому, что для поиска идей включаются ассоциативно отдаленные резервы информации.

Ожидаемый эффект относительного ослабления активности коры при вербальном дивергентном мышлении был получен с использованием метода вызванной синхронизации/десинхронизации (ERD/ERS). Повышение мощности биопотенциалов в альфа-диапазоне или «деактивация» лобных областей была сильнее выражена после тренировки креативных способностей (Fink et al., 2006), у креативных лиц по сравнению с некреативными (Grabner et al., 2007) и у креативных экстравертов по сравнению с некреативными интровертами (Fink, Neubauer, 2008). Авторы серии этих исследований считают, что обнаруженный эффект синхронизации альфа колебаний (8–10 Гц) может отражать тормозные процессы, которые предотвращают нарушение интернального внимания (или «top-down» регуляции), обусловленное экстернальным поступлением информации, и, таким образом, за счет активного торможения иррелевантной информации способствуют поиску подходящей идеи. В пользу такой интерпретации функционального значения альфа1-ритма можно рассматривать и обнаруженную нами положительную корреляционную связь между значениями оригинальности придуманных словесных ассоциаций и мощности альфа-биопотенциалов (Razumnikova, 2007). Анализ топографических особенностей этого эффекта указывал на преимущественное значение пе-

редних отделов левого полушария, которые, как известно (Faw, 2003; Raz, Buhle, 2006), имеют особое значение в целенаправленной регуляции селекции информации. Гипотезы о связи альфа-колебаний и усиления внутреннего внимания придерживаются и другие авторы, например, при исследовании создания мысленных образов (Cooper et al., 2003). Повышение мощности этих колебаний рассматривается как механизм контрастирования целевого сигнала из шума за счет торможения конфликтующей информации.

Таким образом, связанное с выполнением креативных заданий повышение синхронизации альфа-биопотенциалов преимущественно в передних областях коры может указывать на доминирование в креативном процессе интернального внимания, регуляция которого осуществляется исполнительной системой.

Специально предпринятое нами изучение мощности низкочастотных альфа1- и высокочастотных альфа2-осцилляций в зависимости от уровня креативности, который определяли на основе оценки успешности выполнения двух разных вербальных заданий (Разумникова и др., 2009), выявило разное функциональное значение этих ритмов. Большие значения мощности альфа1-биопотенциалов были отмечены у высоко- по сравнению с низкокративными лицами вне зависимости от этапа регистрации активности коры (в фоновом состоянии или при выполнении заданий). В альфа2-диапазоне этот эффект был дифференцирован и по времени, и по своей топографической организации: большие значения мощности биопотенциалов

у высококреативных, чем у низкокреативных испытуемых относились к степени десинхронизации альфа2-ритма, связанной с выполнением вербальных заданий. У высококреативных испытуемых степень десинхронизации была меньше, чем у низкокреативных, и эти различия касались преимущественно передней части коры, что можно рассматривать как более эффективное использование ресурсов семантической и оперативной памяти высококреативными лицами.

Параллельное использование методов ЭЭГ и фМРТ позволило поновому взглянуть на обнаруженное усиление синхронизации альфа-биопотенциалов при решении креативных заданий (Fink et al., 2009). Оказалось, что оно отражает не ослабление активности мозга, а напротив — его усиление. Причем согласно данным фМРТ выполнение вербальных заданий характеризовалось наиболее выраженной активацией фронтальных областей левого полушария. Таким образом, повышение мощности альфа колебаний следует рассматривать как свидетельство особого режима селективных процессов, обеспечивающего эффективность творческой деятельности.

Известно, что фокусированная селекция информации необходима на стадии постановки задачи и проверки идей с критическим отбором конечного решения. Эти этапы требуют высокого активационного обеспечения. Отмеченное выше участие левой фронтальной коры в обеспечении решения креативной задачи согласуется с данными других исследований, которые отмечают ключевое значение этой области коры в

механизме фокусированной селекции информации (Zhang et al., 2004; Mottaghy et al., 2006).

Следовательно, можно констатировать парадоксальную ситуацию: согласно одним авторам, отмечавшим повышение мощности и ослабление когерентности альфа-ритма (Jung-Beeman et al., 2004; Fink et al., 2006; Razumnikova, 2007), решению творческой задачи сопутствует «деактивация» лобной коры. Согласно другим данным фМРТ, а также ЭЭГ, свидетельствующим о снижении мощности альфа-ритма при решении творческой задачи (Бехтерева и др., 2001; Данько и др., 2003; Разумникова, 2004; Разумникова, Брызгалов, 2005; Petsche et al., 1997; Razoumnikova, 2000), — ее активация. Возможно, для объяснения такого парадокса следует обратить внимание на особенности селективных процессов, отличающихся на разных стадиях решения творческих заданий, а также на индивидуальную изменчивость в соотношении процессов возбуждения/торможения.

В случае сравнительно длительных периодов регистрации активности мозга (в пределах нескольких секунд) в ходе выполнения креативных заданий сложно бывает разделить этапы генерации идей и их критической оценки. Специально организованное исследование мозговой активности, сопровождающей поиск отдаленных вербальных ассоциаций с помощью инсайта или неинсайтной стратегии, позволило заключить, что именно инсайт характеризуется деактивацией коры по показателям мощности биопотенциалов в альфа-диапазоне, но активацией правой передней височной

коры, согласно изменениям мощности гамма-колебаний (Jung-Beeman et al., 2004). Высокочастотные осцилляция бета- и гамма-частот рассматриваются как корреляты корковых связей (binding) разнообразных характеристик полимодальных стимулов (Gruber, Muller, 2005; Keil et al., 1999; Pulvermuller et al., 1999; Tallon-Boudry, Bertrand, 1999). Несомненно, что такие связи необходимы при поиске нового нестандартного решения поставленной проблемы. Об этом свидетельствуют не только приведенные результаты изучения инсайтной стратегии творческого мышления, но и связанные с креативностью эффекты повышения нейронной активности в бета- и гаммадиапазонах, полученные в ряде исследований (Разумникова, 2004; Шемякина, Данько, 2007; Razoumnikova, 2000; Jaušovec, Jaušovec, 2000). Повышение мощности и/или когерентности этих высокочастотных колебаний, наблюдаемое в разных регионах коры, но чаще со смещением в задние отделы, может указывать на своеобразную мозаику диффузно представленных по коре локально активированных ансамблей нейронов, которые объединяются в единую нейронную систему, обеспечивающую в итоге генерацию оригинальной идеи. Для обозначения особого характера этого вида селекции информации предложен специальный термин «*дифференцированное*» внимание (Petsche, Etlinger, 1998). Повышение показателя когерентности высокочастотных биоэлектрических потенциалов в близлежащих участках коры (короткодистантные связи на бета- и гамма-частотах) рассматривают как свидетельство локального усиления

взаимодействия этих групп нейронов, а изменение длиннодистантных связей на более низких альфа- и тета-частотах — как показатель интеграции деятельности отдаленных нейронных ансамблей или, напротив, их автономной работы в случае уменьшения значений когерентности (von Stein et al., 1999; Petsche et al., 1997). Эти разные формы организации частотно-пространственного паттерна активационных процессов в коре можно рассматривать как комбинацию фокусированной или «дефокусированной» селекции информации и, в конечном счете, как разные индивидуальные стратегии креативного мышления.

Временные и пространственные особенности соотношения активационных и тормозных процессов в нейронных ансамблях мозга, обеспечивающих креативное решение проблемы, связывают с разными личностными характеристиками. Например, интра-индивидуальная вариабельность показателей выполнения задач, требующих торможения иррелевантной информации, рассматривается как предиктор успешности или дисфункции исполнительных функций (Bellgrove et al., 2004). Высокая *интра-индивидуальная вариабельность* реактивности сопровождается сильной активацией лобной коры и указывает на повышенные требования к исполнительному контролю при выполнении задания. Этот показатель привлекает все большее внимание исследователей не только нормальных психических функций, но и психопатологических состояний, так как отражает эффективность нисходящего корково-подкоркового контроля когнитивных функций

(Kaiser et al., 2008). На психологическом уровне такой специфике когнитивного контроля может соответствовать целый ряд личностных особенностей, например, высокая эмоциональная реактивность, открытость опыту, гибкость когнитивного стиля.

С повышенной интра-индивидуальной вариабельностью времени реакции связывают такие патологические состояния, как шизофрения, депрессия или синдром нарушения внимания и гиперактивности (СДВГ) (Kaiser et al., 2008; Klein et al., 2006). Нередко эти состояния сопровождаются повышенной креативностью (Cramond, 1994; Folley, Park, 2005). Для лиц с высоким уровнем психотизма и шизотипии характерен расширенный диапазон контролируемых функций (*diffuse top-down control*), вследствие чего при сканировании концептуального пространства в их поле внимания попадает и иррелевантная информация. Взаимоотношения креативности и шизотипии рассматривают с позиций ослабления функциональной асимметрии полушарий и нарушения селективных процессов, особенно тормозных функций внимания. Показано, что лица с шизотипическими чертами по сравнению с группами контроля и диагностированной шизофренией характеризовались более высокими показателями дивергентного мышления при билатеральной префронтальной активации с доминированием правого полушария (Folley, Park, 2005). Литературные данные о нарушениях в исполнительном контроле и детекции ошибок (Carter et al., 2001; Cramond, 1994; Pliszka et al., 2000; O'Connel et

al., 2009) свидетельствуют о сходстве индивидуальных особенностей селекции информации при креативности, СДВГ и шизофрении.

Выбор нового оригинального решения проблемы требует угашения фиксации на наиболее вероятной идее и переход к поиску других вариантов. В случае дивергентного мышления селективные процессы торможения ненужной информации должны охватывать широкий диапазон потенциально возможных вариантов решений. Известны две кортикальные системы, осуществляющие функции торможения иррелевантной информации, детекцию ошибок и коррекцию поведения на этой основе. Первая система (выполняющая преимущественно функции торможения) включает правую дорзолатеральную префронтальную и правую нижнюю теменную области, а вторая — переднюю сингулярную и левую дорзолатеральную префронтальную кору (Collette et al., 2001; Garavan et al., 2002). Таким образом, можно констатировать, что топография корковых областей, выделенных при поиске ЭЭГ-коррелятов креативности, и систем селекции информации в значительной степени совпадает.

Специфику селективных процессов, связанных с креативностью, подтверждают данные, свидетельствующие об ослаблении эффекта латентного торможения. Этот эффект отмечен при шизофрении (Lubow, Gewirtz, 1995), СДВГ (Cramond, 1994; Quay, 1997) и при креативном мышлении (Carson et al., 2003). Он выражается в замедлении обучения на предварительно угашенные или

иррелевантные стимулы по сравнению с тем процессом, где используются новые для испытуемого стимулы. Существует мнение, что сочетание поддержания внимания к иррелевантным стимулам и высоких интеллектуальных способностей у лиц с СДВГ может приводить к оригинальности мышления и высокому уровню креативности (Carson et al., 2003). Имеются данные, что в своем интеллектуальном развитии талантливые дети опережают своих сверстников (Neihart et al., 2002), тогда как СДВГ, напротив, характеризуется относительным отставанием в эмоциональном и социальном созревании (Barkley, 1997). По-видимому, ярко выраженные креативные способности у ребенка могут проявиться только тогда, когда наряду с такими характеристиками СДВГ, как ослабленные процессы торможения и незрелая функциональная асимметрия полушария, развитие префронтальной коры идет в опережающем возрастным нормам темпе. Вследствие этого среди детей с СДВГ не всегда следует ожидать креативной продуктивности (Healey, Rucklidge, 2006). Действительно, специально проведенное нами изучение структуры внимания у детей с СДВГ указывает на разную полушарную организацию селективных процессов в контрольной группе детей и с симптомами нарушения внимания; и оригинальность их образного мышления оказывается выше либо в группе «риска», либо только в случае преобладания симптомов гиперактивности, но не невнимания (Разумникова и др., 2007, Разумникова, 2008).

Гипотеза о когнитивном «растормаживании» как свойстве, прису-

щем креативному мышлению, была сформулирована Г. Айзенком (Eysenck, 1995) и К. Мартиндейлом (Martindale, 1999) и подробно исследована в работах О. Варганяна и Л.Я. Дорфмана (Дорфман, Гасимова, 2006; Dorfman et al., 2008; Vartanian et al., 2007). С использованием разных экспериментальных приемов, в том числе запоминания слов при их дихотическом предъявлении и решения задачи Струпа, был установлен ряд особенностей селекции информации, отличающих креативных лиц от некреативных. Испытуемые с высокими показателями выполнения теста отдаленных ассоциаций были способны лучше запоминать слова, предъявленные через тот слуховой канал, на который не было направлено внимание, т. е. фокусировать его без внешних условий, облегчающих переключение внимание. Креативные индивиды были быстрее в идентификации цвета букв в тесте Струпа; а для креативных женщин был характерен меньший повреждающий эффект от конкуренции цвета и семантического значения слова, чем для некреативных. Эти данные, а также результаты моделирования характеристик селективных процессов только частично подтвердили гипотезу «растормаживания», так как не удалось установить прямой причинно-следственной связи между креативным мышлением и показателями расфокусированности внимания (Дорфман, Гасимова, 2006). Полученные данные свидетельствовали о связи креативности и расфокусированного внимания прежде всего на его периферии, и связь эта обеспечивалась изменениями скорости и точности обработки информации,

а также ее количества. При интерпретации этих результатов авторы придерживаются гипотезы К. Мартиндейла, что пониженный уровень активации в узлах нейронных сетей мозга является общей причиной и расфокусированного внимания, и ограничения когнитивных ресурсов.

Таким образом, изменения активации взаимосвязаны с продуктивностью творческого мышления двояким образом. С одной стороны, по принципу «положительной обратной связи»: меньшая активация является отражением меньшей концентрации внимания и, соответственно, меньшего использования ресурсов памяти. С другой стороны, слабая активация создает возможность для формирования отдаленных смысловых связей. По-видимому, способность к оптимизации соотношения этих двух процессов: широты селективных процессов и достаточного количества информации (чтобы было, из чего выбирать) — и является ключевым моментом творческой продуктивности.

Существует предположение, что *креативные лица отличаются лучшей регуляцией фокуса внимания* в зависимости от сложности задания, эта регуляция осуществляется автоматически, вне сознательного контроля (Ansburg, Hill, 2003). Для обозначения такого специфического внимания, как и в нейрофизиологических работах Х. Петча, используется термин «*дифференциальное*» (differential) внимание. Согласно этому предположению, креативности сопутствует не столько дефокусированное внимание, сколько способность гибкого его переключения: от процессов концентрации внимания к

расширению поля селекции и обратно. На поведенческом уровне эта гипотеза подтвердилась результатами изучения корреляции между креативностью и временем реакции в задачах, отличающихся по степени интерференции предъявляющихся стимулов (Vartanian et al., 2007; Dorfman et al., 2008). Было установлено, что креативные лица характеризуются более быстрой реакцией в заданиях, где нет интерференции информации (задачи Хика и проверки понятий), но ее замедлением, если требовалось торможение конкурирующей информации (негативный прайминг и превосходство глобальных свойств стимулов). На нейрофизиологическом уровне в соответствии с этой идеей следовало бы ожидать гибкой динамики активации коры, т. е. процессов синхронизации/десинхронизации биопотенциалов коры в разных частотных диапазонах.

Действительно, при изучении ЭЭГ коррелятов креативного мышления выявлены вариативные частотные профили организации нейронных ансамблей, изменяющиеся в широком диапазоне частот от дельта до гамма (Данько и др., 2003; Разумникова, 2004; Petsche, Etlinger, 1998; Jung-Beeman et al., 2004 Jausovec, Jausovec, 2000; Razoumnikova, 2000). Это неудивительно, так как творческий процесс является, пожалуй, одним из самых сложноорганизованных видов деятельности центральной нервной системы, в котором отдельные частотные ритмы имеют свое функциональное значение. Например, низкочастотные диапазоны в большей мере связывают с базовыми психическими процессами

мотивации, эмоциональных переживаний и внимания (особенно состояния готовности и бдительности) (Афтанас, 2000; Basar et al., 2000; Krause et al., 2000; Кпуязев, 2007), а высокочастотные бета и гамма — с более сложными когнитивными процессами, в которых отдельные характеристики стимулов требуется связать в единое целое: например, в различении абстрактных и конкретных слов или семантического значения разномодально представленных объектов (Lutzenberg et al., 1994; Pulvermuller et al., 1999; Weiss, Rappelsberger, 1996; von Stein et al., 1999). Оригинальное решение сложной проблемы требует интеграции разных процессов. Это и генерация разнообразных идей на основе селекции информации с активизацией отдаленных категорий знаний (эти функции выполняют задние отделы головного мозга). И последующее (или параллельное) фокусирование на каждой идее и анализ ее качества для заключения о продолжении поиска или принятия окончательного решения поставленной задачи (функции лобных отделов мозга). Необходимо также поддерживающее поиск нужного решения внимание (функции правого полушария), и мотивация для осуществления этой поисковой деятельности (функции медиальной части коры и лимбической системы). Таким образом, мы вновь возвращаемся к вопросу об оптимальном взаимодействии двух систем мозга: «исполнительной» и «поисковой».

В связи с этим рассмотрим другую точку зрения на связь креативности и активационного состояния мозга, согласно которой, напротив,

высокий уровень активации мозга рассматривается как условие, необходимое для эффективной креативной деятельности (Mehrabian, 1995; Geake, 2005). С этих позиций высокий уровень интеллекта, и креативности определяется высокой скоростью и эффективностью процессов в нейронных сетях сложной архитектуры, а особый механизм взаимодействия лобной и теменной коры предлагается как основа реализации креативных и интеллектуальных способностей. Такому подходу соответствует известное в психологии представление о креативном компоненте интеллекта (Sternberg, Lubart, 1991).

Согласно нейробиологической модели креативного интеллекта оригинальное решение проблемы зарождается в динамичном рабочем пространстве, включающем и селективное внимание, и латентное торможение, и рабочую память (Geake, 2005). Для лиц с высоким креативным интеллектом характерно большее рабочее пространство с большей рабочей памятью, где происходят операции логического сопоставления разнообразной информации, извлекаемой из ресурсов долговременной памяти. Рабочая память отражает способность поддержания внимания к комплексу активных репрезентаций при ограничении отвлекающих от этого комплекса влияний, что необходимо для формирования реакции и поведенческой гибкости. Основным регуляторным звеном рабочего пространства является префронтальная кора, длиннодистантные связи которой с задними отделами мозга и обеспечивают комплексные репрезентации большого числа элементов, необходимые

для поиска новой идеи. С этой точки зрения, большой объем рабочей памяти требует большей активации лобных областей коры.

Наряду с объемом рабочей памяти для поиска оригинального решения важна организация долговременной памяти (или широта знаний) (Рурма, D'Esposito, 1999). Процессы фокусирования и переключения внимания, а также активация системы репрезентации информации из долговременной памяти являются функциями исполнительного компонента рабочей памяти (Baddeley, Sala, 1998). Нейронная активация в префронтальной области коры, связанная с обеспечением функций рабочей памяти, отражает ее возможности, повышающиеся у лиц с высоким интеллектом.

Следует отметить, что при изучении вопроса о связи степени активации мозга и уровня интеллекта также получены неоднозначные результаты: согласно одной точке зрения, высокому интеллекту соответствует большая активация мозга (Alexander et al., 1996; Jaušovec, 1996), согласно другой — меньшая (Anokhin, Vogel, 1996; Doppelmayr et al., 2002). По-видимому, такое противоречие связано не только со сложностью экспериментального задания (Neubauer et al., 2002), но и с индивидуальными способностями испытуемых, которые либо способствуют усилению этой сложности, либо, напротив, приводят к тому, что задача решается субъективно «легко». Этот эффект можно пояснить, если сопоставить два широко распространенных теста для определения вербальной креативности: «Необычное использование обычного предмета» Дж. Гилфорда и

«Тест отдаленных ассоциаций» С. Медника. В тесте Дж. Гилфорда после отказа от первого «обычного» варианта использования предмета для поиска другого варианта требуется «дефокусировать» внимание, чтобы бегло переходить от одной идеи к другой. Во втором случае при генерации оригинальных слов-ассоциаций необходимо не только избежать стереотипного ответа, но и обладать достаточно обширным словарным запасом (т. е. одним из компонентов вербального интеллекта), использование которого позволяет осуществлять селекцию слов из разных семантических категорий.

Действительно, при анализе функциональной активности мозга с использованием разных вариантов теста отдаленных ассоциаций была зарегистрирована десинхронизация альфа-ритма, т. е. сравнительно высокий уровень активации, охватывающей преимущественно задние отделы коры (Данько и др., 2003; Разумникова, Брызгалов, 2006; Razumnikova, 2007). Исключение составило только уже упомянутый выше период зарождения ответа на основе инсайта (Jung-Beeman et al., 2004), тогда как при использовании теста Дж. Гилфорда «Необычное использование обычного предмета» разными группами исследователей получен сходный эффект: синхронизации альфа-ритма (Martindale, 1999; Fink et al., 2006).

Следует еще раз отметить, что повышение общего активационного уровня коры может быть обусловлено не только снижением мощности низкочастотного альфа-ритма, но и повышением мощности высокочастотных бета- и гамма-ритмов. Как

уже было отмечено выше, эти разные частотные ритмы имеют разное функциональное значение в креативном мышлении. Эффект усиления высокочастотных осцилляций, связанный с решением креативных заданий, отмечен в разных экспериментальных условиях (Разумникова, 2004; Шемякина, Данько, 2007; Jaušovec, Jaušovec, 2000; Petsche, Etlinger, 1998; Jung-Beeman et al., 2004), однако его выраженность оказывается изменчивой и связана не только с характером творческого задания, но и с полом испытуемых, и с уровнем их креативных способностей (Разумникова, Брызгалов, 2006; Разумникова, Ларина, 2006; Разумникова и др., 2009; Bhattacharya, Petsche, 2005). Функциональная реактивность альфа2-ритма в большей мере оказывается характерной для женщин при выполнении ими вербального креативного задания, тогда как изменчивость бета2-осцилляций является отличительным признаком креативного мышления мужчин, особенно — при решении образных задач. В соответствии с литературными данными о функциональном значении разных частотных диапазонов (см., напр.: Basar et al., 2000; Fan et al., 2007; Kahana, 2006; Koppell et al., 2000; Sauseng, Klimech, 2008) можно предположить, что высокочастотные биопотенциалы мозга отражают процессы «дифференциальной» селекции информации, тогда как низкочастотные имеют большее значение для организации поддерживающего и исполнительного внимания. Сложная креативная деятельность требует интеграции функций этих систем внимания и особого режима их работы в зависимости от стадии твор-

ческого процесса. Динамические изменения фокуса внимания, по-видимому, определяются индивидуальными особенностями взаимодействия передней и задней корковых систем внимания, которые осуществляют, соответственно, целенаправленную или более спонтанную селекцию информации. Преобладание целенаправленного фокусирования внимания будет смещать активационное состояние соответствующих участков коры в сторону его повышения, тогда как его ослабление — к противоположным процессам снижения активации: первоначально в лобной коре как источнику исполнительного и поддерживающего внимания, а затем и в задних отделах, осуществляющих функции воспроизведения ресурсов знания. В этом случае результирующий уровень активации будет в значительной степени определяться мотивацией испытуемого и его притязаниями на успешность выполняемой деятельности, а также уровнем интеллекта, от которого зависима субъективно оцениваемая сложность решаемой задачи.

Особенности селективных процессов, обусловленные разной функциональной организацией полушарного взаимодействия

Положительная связь креативности и интеллекта рассматривается и в модели «Geneplore» (generate and explore) (Finke, 1992). Процесс исследования идей, согласно этой модели, опирается на функции рабочей памяти, в которой происходит проверка гипотез, возникающих в отдельном

блоке-генераторе. Конечное мнение может возникать непосредственно при случайном переборе гипотез или быть результатом логичных рассуждений и оценивания разных вариантов решений. Соответственно, согласно этой модели креативности, ключевая роль в выборе оригинального решения задачи принадлежит левому полушарию.

Однако изучение особенностей функциональной асимметрии полушарий, связанных с креативностью, в большинстве случаев, напротив, указывает на доминирующую роль правого полушария. Это особое значение правого полушария обнаружено при изучении креативной деятельности электрофизиологическими и томографическими методами (Разумникова, 2004; O'Boyle et al., 1991; Jung-Beeman et al., 2004; Howard-Jones et al., 2005), а также при сопоставлении полушарной асимметрии в селективных процессах и креативности (Вольф и др., 2007; Разумникова, 2008). По-видимому, противоречие в этом вопросе также может быть связано с тем, какая именно проблема (вербальной или образной природы) и какой этап ее решения выходит на передний план. При поиске идеи большее значение приобретает правое полушарие, так как именно ему принадлежит приоритет в формировании отдаленных ассоциаций и необычных связей объектов, а также метафоричного или юмористического взгляда на проблему (Bowden, Beeman, 1998; Grossman et al., 2002). В случае доминирования критического перебора множества альтернатив приоритет смещается в сторону левого полушария, на функции которого опирается эта страте-

гия выбора решения. Объем знаний, скорость мышления и степень использования логики или интуиции при генерации идей, их критики и отвержения или, напротив, приемлемости формируют в конечном счете разнообразие индивидуальных стратегий решения креативных проблем. Следовательно, взаимосвязи интеллекта и креативности на нейрофизиологическом уровне следует искать не только в характере взаимодействия передних и задних отделов мозга, но и в функциональной асимметрии полушарий.

Взаимодействие *креативности и интеллекта* испытуемых было отмечено на ранних этапах изучения творчества и в психологических исследованиях последних лет (см., например, Разумникова, Шемелина, 1999; Guilford, Christensen, 1973; Preckel et al., 2006), а также при анализе показателей активности мозга, характеризующих выполнение креативных заданий (Jaušovec, 2000; Jaušovec, Jaušovec, 2000; Neubauer et al., 2002). При изучении частотно-пространственных особенностей фоновой активности коры влияние факторов *интеллекта* и *креативности* было обнаружено для ЭЭГ в широком диапазоне частот от 4 до 30 Гц, преимущественно для показателей когерентности биопотенциалов (Разумникова, 2009). Большие значения этого показателя у лиц с одновременно высоким интеллектом и креативностью указывали на усиление у них взаимодействия нейронных ансамблей в передних областях коры и в левом полушарии (рисунок 1А). Напротив, в случае высокой креативности, но сравнительно меньших значений интеллекта было установлено

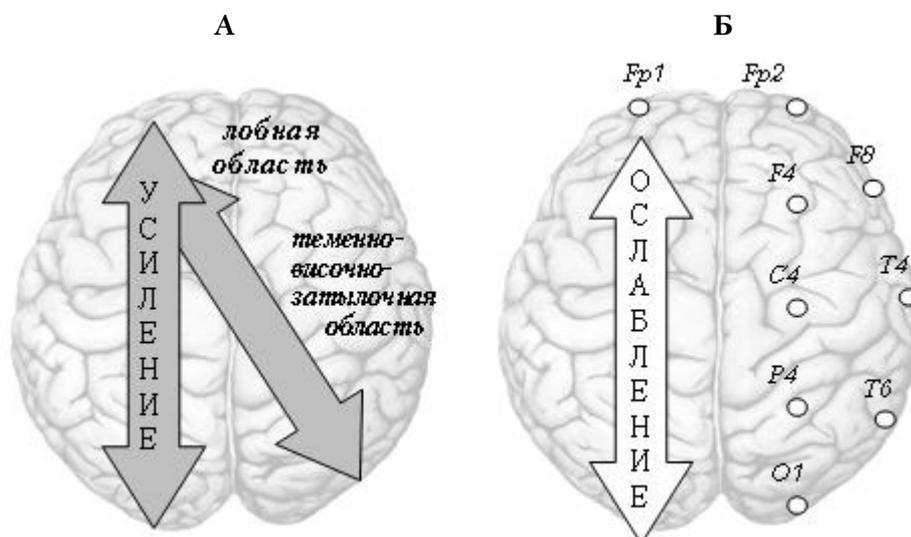
ослабление взаимодействия лобных участков коры с ее задними отделами (рисунок 1Б).

Обнаруженный нами эффект повышения когерентности биопотенциалов в группе креативных и высокоинтеллектуальных студентов в сравнении со всеми другими группами, общий для широкого диапазона частот, можно рассматривать с позиций теории «нейронной эффективности», согласно которой высокие интеллектуальные способности характеризуются меньшей и точно специализированной в соответствии с решаемой проблемой активацией мозга в сравнении с менее успешной деятельностью лиц с более низким

интеллектом (Haier et al., 1988, 2003). Имеются сведения о связи ЭЭГ и интеллекта не только в отношении мощности альфа-колебаний, но и других ритмов, а также показателей IQ и когерентности (Разумникова, 2002; Anokhin et al., 1999; Doppelmayr et al., 2002; Thacher et al., 2005), причем особенно информативной в классификации групп с высоким и низким интеллектом оказывается не уровень абсолютной мощности биопотенциалов, а задержка фазы ЭЭГ в лобной и задней частях коры (Thacher et al., 2005). В наших экспериментальных условиях основным ЭЭГ коррелятом взаимосвязи интеллектуальных и креативных

Рисунок 1

Изменения взаимодействия нейронных ансамблей в передних и задних областях коры в зависимости от уровня креативности и интеллекта



Примечание. А — сочетание высокого интеллекта и креативности, Б — высокая креативность и сравнительно низкий интеллект; черные стрелки — усиление взаимодействия, белая — ослабление.

способностей также было изменение взаимодействия между этими участками коры. Фоновое усиление взаимодействия между передней частью коры и ее отдаленными областями у лиц, успешно решающих эвристическую задачу и обладающих при этом высоким интеллектом, может являться свидетельством определенной «преднастройки» частотно-пространственной организации корковой активности к эффективной мыслительной деятельности. В пользу такой интерпретации свидетельствуют паттерны когерентности ЭЭГ, указывающие на интеграцию лобных и затылочных областей коры и в фоновом состоянии, и при выполнении ментальных заданий (Разумникова, 2002; Anokhin et al., 1999). Это объединение можно рассматривать как потенциальный резерв в координации корковых нейронов, который используется для успешного решения возникших проблем, так как показано, что спонтанная электрическая активность коры или «режим по умолчанию» влияет на изменения активности мозга, вызванные выполнением мыслительных операций (Greicius et al., 2003; Mantini et al., 2007).

При высоком интеллекте оригинальное решение проблемы обеспечивается скоростью и критичностью мышления, что позволяет быстро провести селекцию информации в широком диапазоне семантических категорий и выбрать новый, нестандартный ответ. Это требует объединения лобных (контролирующих) и височно-теменно-затылочных (ответственных за долговременную память) областей коры. Выявленные паттерны когерентности для

лиц с высоким уровнем интеллекта и креативности, по-видимому, и отражают индивидуально сложившиеся предпосылки к такому объединению. Обнаруженное нами доминирующее значение левого полушария согласуется с данными других авторов о том, что активность левого полушария более тесно связана с интеллектом в сравнении с правым (Jung, Haier, 2007).

Следует отметить, что для лиц с высоким уровнем как креативности, так и интеллекта характерно также усиление когерентности биопотенциалов в левой лобной и правой задней областях коры на частотах тета2-диапазона (Разумникова, 2009), что может указывать на дополнительное использование ими сукцессивных функций правого полушария. Сравнительно менее выраженная левополушарная асимметрия мощности тета1-ритма отличает креативных лиц от некреативных при условии высокого интеллекта. Это свидетельствует о потенциальной гибкости полушарных стратегий как условия реализации креативных способностей. Доказательством предположения о гибкой регуляции коркового взаимодействия у креативных лиц, направленной на обеспечение успешного выполнения творческого задания посредством разных форм полушарной организации, служит изменчивость паттернов ЭЭГ в зависимости от IQ со сменой тесной связи лобной коры с ее задними участками в случае высокого интеллекта на ее ослабление в креативной группе с более низкими значениями IQ (рисунок 1А и Б). При невысоком интеллекте оригинальное решение проблемы, по-видимому, приходит

на фоне спонтанно широкого поиска идей, т. е. при упомянутом выше «дефокусированном» внимании. Этой стратегии с менее выраженным компонентом критичного перебора идей предположительно соответствует обнаруженное ослабление связей передней и задней областей коры. Разные формы взаимодействия лобной коры с ее задними отделами в зависимости от уровня интеллекта можно рассматривать как подтверждение вышеупомянутой способности креативных лиц к переключению фокуса внимания. Эта потенциальная гибкость стратегий селекции информации у креативных лиц зависит от уровня их интеллекта: при невысоком интеллекте на первый план выходит «дефокусированное» внимание, тогда как при высоком — целенаправленное.

Особенности селективных процессов, связанные с мотивацией и когнитивным стилем

Согласно теории регуляторных фокусов, эмоционально-мотивационный компонент регуляции селективных процессов связан с такими стратегиями поведения, как «приближение» — «избегание» (Shah et al., 1998). Эти стратегии находят свое отражение в индивидуальных различиях фоновой активации лобной коры: первая сопровождается большей левополушарной активацией, а вторая — правополушарной (Amodio et al., 2004; Sutton, Davidson, 1997). Система «стимулирования» (promotion) связана с мотивацией «приближения» и фокусируется на идеальных целях, таких как надежды и стремления. На этой основе формируется стратегия «поиска» информации.

Система «предотвращения» (prevention), напротив, ассоциируется с мотивацией «избегания» и фокусируется на личных обязанностях и ответственности, или стратегии «достижение результата». Если в организации творческой деятельностью большее значение придавать внутренней мотивации, то регуляторный фокус следует отнести к первой системе. Доказательством такого опосредованного значения левого полушария может быть стимулирующее влияние положительных эмоций, создаваемых тренинговыми ситуациями (Friedman et al., 2003). Хотя механизмы взаимосвязи эмоций и креативности еще далеки от постижения (Baas et al., 2008), существуют доказательства (Baumann, Kuhl, 2005) того, что положительные эмоции способствуют расширению фокуса внимания, повышению гибкости селективных процессов и использованию глобальных стратегий обработки информации (т. е. функций правого полушария), одновременно облегчая использование лежащих на поверхности стереотипных способов решения проблемы.

Таким образом, изменения мотивации и эмоционального сопровождения творческой деятельности и селективных процессов тесно взаимосвязаны. Однако вряд ли следует говорить о стойком доминировании одного из полушарий, так как изменения в контексте проблемной ситуации или выработка в процессе обучения наиболее эффективного способа ее решения предполагает изменчивость функционального взаимодействия полушарий. В качестве примера такой изменчивости

полушарного взаимодействия при селекции воспринимаемой информации, обусловленной влиянием социально-культурных факторов, можно привести данные о различиях в восприятии глобальных и локальных характеристик стимулов в зависимости от индивидуально конструируемого прайминга. При его индуцированной независимости время реакции на локальную цель становится меньше, чем на глобальную в задаче Навона, тогда как при взаимозависимом прайминге это соотношение обратное (Lin et al., 2008).

Еще одним мотивационным фактором, определяющим особенности селекции информации, можно считать инструкцию к экспериментальной деятельности. В психологических исследованиях было показано, что при тестировании креативности инструкция «стремиться к наиболее оригинальному решению проблемы» улучшает показатели творческого мышления, так как способствует лучшему пониманию цели деятельности и выбору ее оптимальной стратегии (Галкина, Алексеева, 1995; Eisenberger, Shanock, 2003; Harrington, 1975).

При анализе изменений электрической активности мозга, связанных с выполнением креативных заданий, было установлено, что формулировка «стремиться к наиболее оригинальному решению проблемы» в сравнении с инструкцией «найти любое решение» способствует частотно-пространственной перестройке активности коры, указывающей на преимущественное использование функций правого полушария в обеспечении состояния готовности и последующих активационных процессах

при дивергентном мышлении (Разумникова и др., 2007). Изменение инструкции влияло не только на межполушарные взаимодействия, но и на взаимодействие передних и задних отделов, причем характер этих изменений зависел и от природы творческих заданий (вербальной или образной), и от пола испытуемых (Разумникова и др., 2009). При выполнении субтеста Торренса «Неоконченные фигуры» характер инструкции в большей мере был представлен в изменении активности задних отделов мозга на частоте бета2-диапазона в группе испытуемых мужчин, а при конструировании предложения с объединением слов-существительных из отдаленных семантических категорий — в передних отделах на частоте альфа2-диапазона в группе женщин. При отсутствии половых различий в показателях вербальной и образной креативности обнаруженные ЭЭГ-корреляты творческой деятельности можно рассматривать как свидетельство использования мужчинами и женщинами разных стратегий достижения одного и того же конечного результата. В целом из полученных данных следует заключение, что мотивационный фактор может существенно повлиять на степень выраженности функциональной полушарной асимметрии, усиливая или ослабляя доминирование правополушарной активации, связанной с решением креативного задания.

Индивидуальные особенности восприятия и организации информации, а также принятия решения определяются *когнитивными стилями* (Холодная, 2004). При классификации когнитивных стилей можно

Таблица 1

**Характерные черты аналитического и холистического стилей мышления
(van den Broeck et al., 2003)**

Аналитический	Холистический
конвергентность	дивергентность
структурированность	неупорядоченность
факты, детали	возможности, идеи
логика, рефлексия	интуиция, импульсивность
планирование	спонтанность
полезность	новизна
рациональность	эмоциональность, чувствительность
вербальный	зрительный
точность, методичность	изобретательность, креативность
установленная последовательность	разнообразие

выделить два основных полюса: аналитический (имеющий две формы: понимающий и планирующий) и холистический. Каждый из этих двух стилей характеризуется набором признаков, представленным в таблице 1.

Нетрудно определить, что творческому мышлению должен соответствовать холистический когнитивный стиль. В свою очередь, этому когнитивному стилю соответствует доминирование правого полушария, так как при сравнении особенностей функций двух полушарий именно для правого характерна целостность в организации информации, тогда как для левого — последовательный анализ отдельных признаков объекта. Однако психофизиологические исследования творчества, выполненные в последние годы с использованием томографии и картирования электрической активности мозга, показывают, что не так все просто и, хотя правое полушарие имеет боль-

шое значение в творческом мышлении, вряд ли следует говорить о его гегемонии. Скорее, это особые формы взаимодействия полушарий, включающие не только связи левого и правого полушарий, но и лобных и теменных областей, и коры и подкорковых структур.

Например, в ранней работе К. Мартиндейла при сравнении мощности альфа-ритма в парието-темпоральных отведениях для высококреативных лиц была отмечена большая правополушарная активность ЭЭГ, чем низкокреативных, причем указанная асимметрия проявлялась только при выполнении креативных заданий (Martindale et al., 1984). Более выраженная асимметрия в низкокреативной группе показана при выполнении вербального задания с использованием двусмысленных слов, тогда как высококреативные испытуемые задействовали оба полушария (Atchley et al., 1999). Предполагается, что креативные лица

отличаются таким взаимодействием специализированных для разных психических функций полушарий, которое осуществляется без заметных тормозных или растормаживающих эффектов между ними (Норре, Kyle, 1990).

Степень вызванной выполнением задания активации мозга в значительной степени определяется уровнем предшествующего этой активации состояния мозга, т. е. «фона» (Turbes, 1992; Sederberg et al., 2003). Это состояние связано со многими индивидуальными особенностями человека, в том числе интеллектуальными и характерологическими свойствами, а также со степенью одаренности. Так, например, показано, что одаренные подростки при большей, чем у лиц, обладающих средними способностями, активации коры (т. е. с меньшими значениями мощности альфа-ритма) характеризуются большей правополушарной мощностью альфа-ритма (Alexander et al., 1996).

Если придерживаться гипотезы, что для зарождения оригинального решения проблемы требуется слабая активация коры и дефокусированное внимание, то в этом состоянии оригинальная идея зарождается на основе фильтрации идей, спонтанно генерируемых в широкой сети отдаленных ассоциаций (Martindale, 1999; Urban, 2003). Пути, приводящие к появлению данной идеи, не осознаются, т. е. решение возникает как озарение — «инсайт». По-видимому, ключевая роль в формировании такой стратегии креативного мышления принадлежит правому полушарию. Это подтверждается рядом исследований вербальной креативности с использованием «Теста отдален-

ных ассоциаций». Анализ вызванной синхронизации-десинхронизации ЭЭГ, связанной с поиском оригинальной словесной ассоциации, показал, что использование инсайтной стратегии сопровождается усилением мощности гамма-ритма в правой верхней передней части височной извилины (Jung-Beeman et al., 2004). Согласно предположению авторов, этот эффект может отражать формирование новой необычной ассоциации на основе возникающих в правом полушарии комбинаций отдаленных по своему смыслу значений слов-стимулов. Активное включение правого полушария в поиск оригинальной ассоциации слов был обнаружен нами при анализе ЭЭГ в широком диапазоне частот: от 4 до 30 Гц. Наиболее информативными маркерами вербальной креативной деятельности оказались показатели изменения корковой активности в альфа2- и бета2-диапазонах (соответственно, 10–13 и 20–30 Гц). Согласно смещению функциональной полушарной асимметрии, при выполнении креативного задания по сравнению с более простыми вербальными операциями можно было заключить, что мужчины были склонны в большей мере использовать инсайтную стратегию (т. е. функции правого полушария), тогда как женщины — «интеллектуальную», опирающуюся на функции левого полушария (Разумникова, Брызгалов, 2005; Разумникова, Ларина, 2005). Так как показатели вербальной креативности у мужчин и женщин не различались, можно считать, что обе эти стратегии приводят к эффективному решению проблемы, хотя и разными путями.

При обмене информацией между двумя полушариями существенное значение имеет не только ее скорость, что определяется организацией мозолистого тела (*corpus callosum*), соединяющего полушария, но и характер внутрислошарных процессов возбуждения и торможения при селекции информации. Изучение особенностей этих процессов у мужчин и женщин может быть весьма полезным для понимания полушарных механизмов креативности, так как ряд исследований последних лет указывает на существование половых различий в связях между интеллектуальными способностями и строением и функциями мозга или в стратегиях когнитивных операций. В частности, показано, что у мужчин наиболее тесная корреляция характерна при сопоставлении интеллекта и количества серого вещества мозга, а у женщин — белого (Haier et al., 2005). Сравнительный анализ полушарных особенностей селекции информации в разных экспериментальных моделях позволяет предположить, что у женщин большее значение имеют внутрислошарные процессы с асимметрией в переднезаднем направлении при первостепенной роли левых лобных отделов, а у мужчин — межполушарные взаимодействия при доминировании правой лобной области (Разумникова, Вольф, 2006; Goldberg et al., 1994). Вместе с этим, в ситуациях переработки вербальной информации у мужчин установлено более выраженное торможение с левого полушария на правое, тогда как у женщин межполушарные взаимодействия были симметричны (Hetrick et al., 1996). Так как при анализе поло-

вых различий в фоновой активности мозга и функциональной организации нейронов коры у женщин было установлено более тесное межполушарное взаимодействие, чем у мужчин (Steinmitz et al., 1992, Zaidel et al., 1995), то эта «преднастройка» может способствовать быстрому принятию решения на основе устойчивых ассоциаций речевых или зрительных стимулов. Отказ от такого стереотипного решения требует критичной дифференцировки «всплывающих» идей и, следовательно, усиления функций исполнительного внимания. У мужчин асимметричное торможение, первоначально ограничивая зоны активного поиска идеи, увеличивает период инкубации идеи и способствует дальнейшему непроизвольно регулируемому расширению рабочего пространства и повышению, таким образом, вероятности нахождения оригинального решения. Следовательно, даже сходные у мужчин и женщин результаты в эффективности экспериментальной креативной деятельности обеспечиваются разными стратегиями селекции информации для их достижения (Разумникова, 2004; Разумникова и др., 2009; Тарасова и др., 2005).

Если проблема оказывается сложной и удовлетворительного решения не находится, то требуется внимание, поддерживающее дальнейший поиск подходящей идеи. При наличии мотивации к решению проблемы такое внимание в период инкубации является основой формирования новых функционально активных нейронных сетей (и сопутствующего этому торможения прежних ассоциаций). Исполнительная система внимания обеспечивает выбор наиболее приемлемой

идеи среди множества всплывающих гипотез, дополнительную устойчивость найденному решению придает эмоциональная окраска возникшей идеи. Эти процессы исполнительного контроля и эмоциональной регуляции селекции информации сопровождаются повышением активации мозга. С другой стороны, известно, что дополнительная стимуляция генерации идей может достигаться путем обучения переключению фокуса внимания на разнообразные аспекты решаемой проблемы. При разработке таких процедур обучения продуктивной генерации идей основное внимание уделяется достижению пониженного активационного состояния, например, путем релаксации и отвлечения внимания от внешних стимулов, что приводит к расширению индивидуального фокуса внимания и повышению беглости идей (Forgays, Forgaes, 1992; Howard-Jones, Murray, 2003). С этих позиций необходимости пониженного активационного фона рассматривается положительное воздействие на креативную продуктивность внутренней мотивации и негативное — внешней (Amabile, 1996).

В процессах манипуляции информацией, содержащейся в кратковременной памяти, необходимой для разнообразных когнитивных процессов, в том числе творческой деятельности, большое значение имеет целенаправленный контроль и поддержание внимания к выполняемой задаче. Оказывается, что лучшие характеристики такого внимания свойственны индивидам с более высокими значениями интеллекта, которые при выполнении задания на пространственную память продемонстрировали

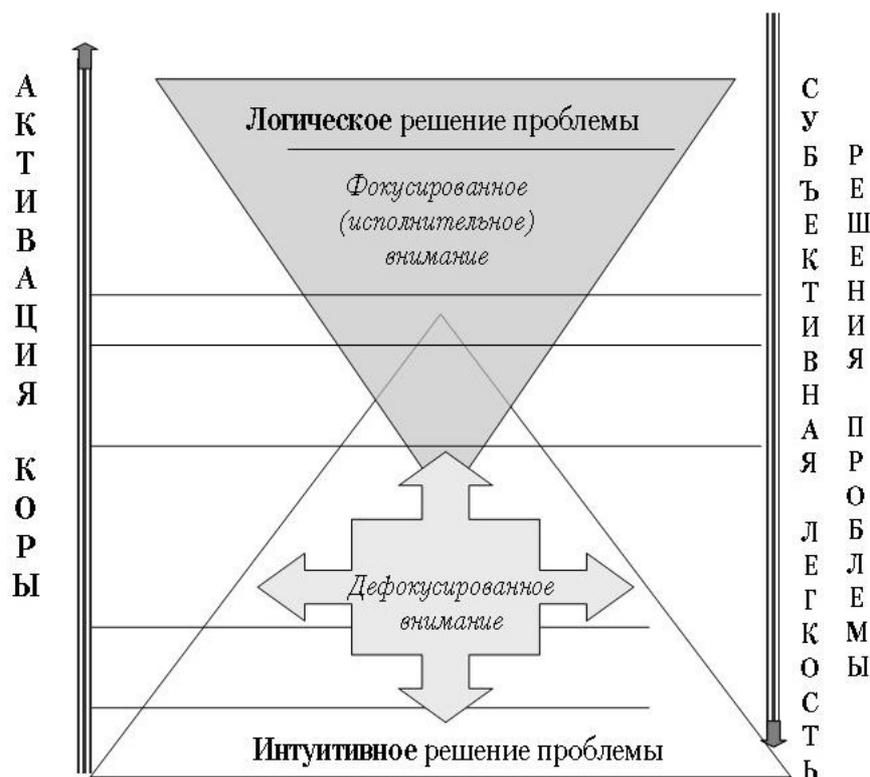
относительно большую активацию в теменной области коры, тогда как лица с меньшими интеллектуальными способностями — большую активацию лобных отделов (Gevins, Smith, 2000). Лица, использующие вербальный когнитивный стиль отличались большим вовлечением в деятельность левой теменной области, согласно показателям альфа-ритма, а невербальный стиль был связан с менее выраженной полушарной асимметрией при относительно большей активации правой париетальной коры. При осуществлении математических операций использование вербальной стратегии сопровождалось активацией левой префронтальной коры, а использование зрительно-пространственной — левой нижней теменной и билатерально-префронтальной (Burbaud et al., 2000).

Таким образом, регионарные особенности активации коры и взаимодействия полушарий связаны со многими индивидуальными особенностями селекции информации, среди которых для достижения творческой продуктивности особое значение имеют такие разноуровневые характеристики, как широта селекции информации, контроль торможения иррелевантной информации и отсрочка принятия решения (импульсивный или рефлексивный когнитивный стиль), эмоциональный компонент селекции информации (отражающийся в уровне нейротизма или эмоционального интеллекта), доминирование вербального или образного мышления (памяти) и, наконец, аналитической или холистической стратегии мышления.

Используя известную схему закона ЭУС (этапы — уровни — ступени),

Рисунок 2

Схема соотношения активационных состояний коры и особенностей селективных процессов, обеспечивающих разные стратегии креативного мышления



предложенную Я.А. Пономаревым для изучения природы творчества (Пономарев, 2006, с. 259), можно наполнить ее новым содержанием в соответствии с изложенными выше данными относительно разных активационных состояний коры и особенностей селективных процессов (рисунок 2). Эта схема показывает, что наряду с крайними вариантами интуитивно-спонтанного или целенаправленного и логического решения проблемы существует непрерывный конти-

нуум когнитивных операций, зависящий от активационного состояния коры, который и определяет все индивидуальное разнообразие стратегий творческой деятельности. В итоге минимальная активация мозга будет сопровождать успешное решение такой проблемы, которая субъективно оценивается как «легкая», а максимальная, когда для решения задачи привлекаются все интеллектуальные резервы, особенно в ситуации негативного эмоционального напряжения.

Литература

- Афтанас Л.И.* Эмоциональное пространство человека: психофизиологический анализ. Новосибирск: Изд-во СО РАМН, 2000.
- Бехтерева Н.П., Данько С.Г., Старченко М.Г., Пахомов С.В., Медведев С.В.* Исследование мозговой организации творчества. Сообщение III. Активация мозга по данным анализа локального мозгового кровотока и ЭЭГ // Физиол. человека. 2001. Т. 27. № 4. С. 6–14.
- Вольф Н.В., Разумникова О.М., Онищенко М.А.* Связь процессов полушарной селекции информации в модифицированной задаче Струпа с эффективностью творческой деятельности // Журн. высш. нервн. деят. 2007. Т. 57. № 4. С. 448–454.
- Галкина Т.В., Алексеева Л.Г.* Изучение влияния тестовой ситуации на результаты исследования креативной личности // Методы психол. диагностики. Вып. 2. М.: Изд-во ИП РАН, 1995. С. 82–107.
- Данько С.Г., Старченко М.Г., Бехтерева Н.П.* Локальная и пространственная синхронизация ЭЭГ при тестировании стратегии решения вербальных креативных задач // Физиол. человека. 2003. Т. 29. № 4. С. 129–132.
- Дорфман Л.Я., Гасимова В.А.* Расфокусированное внимание как фактор креативного мышления // Вестник Пермского государственного института искусства и культуры. 2006. № 1. С. 20–50.
- Пономарев Я.А.* Перспективы развития творчества // Психология творчества: школа Я.А. Пономарева / Под ред. Д.В. Ушакова. М.: Изд-во ИП РАН, 2006. С. 145–283.
- Разумникова О.М.* Отражение структуры интеллекта в пространственно-временных особенностях фоновой ЭЭГ // Физиол. человека. 2002. Т. 28. № 5. С. 115–122.
- Разумникова О.М.* Мышление и функциональная асимметрия мозга. Новосибирск: Изд-во СО РАМН, 2004.
- Разумникова О.М.* Креативность и особенности селекции информации у детей: Тез. конф. «Психосоматические и пограничные нервно-психические расстройства в детском и подростковом возрасте». Новосибирск, 2008. С. 49–50.
- Разумникова О.М., Брызгалов А.О.* Частотно-пространственная организация электрической активности мозга при креативном вербальном мышлении: роль фактора пола // Журн. высш. нервн. деят. 2005. Т. 55. № 4. С. 487–495.
- Разумникова О.М., Вольф Н.В.* Половые отличия межполушарного взаимодействия при распределенном и направленном внимании // Журн. высш. нервн. деят. 2006. Т. 56. № 3. С. 308–314.
- Разумникова О.М., Вольф Н.В., Тарасова И.В.* Влияние мотивации на изменения мощности биопотенциалов коры головного мозга при выполнении образных и вербальных творческих заданий // Журн. высш. нервн. деят. 2007. Т. 57. № 4. С. 472–480.
- Разумникова О.М., Вольф Н.В., Тарасова И.В.* Стратегия и результат: полые различия в электрографических коррелятах вербальной и образной креативности // Физиол. человека. 2009. Т. 35. № 2. С. 1–11.
- Разумникова О.М., Лапина Е.Ю., Вольф Н.В.* Особенности структуры внимания у детей младшего школьного возраста в норме и при СДВГ // Бюлл. СО РАМН. 2007. № 3. С. 18–24.
- Разумникова О.М., Ларина Е.Н.* Полушарные взаимодействия при поиске оригинальных вербальных ассоциаций: особенности когерентности биопотенциалов коры у креативных мужчин и женщин //

- Журн. высш. нервн. деят. 2005. Т. 55. № 6. С. 785–795.
- Разумникова О.М., Тарасова И.В., Вольф Н.В.* Особенности активации коры у лиц с высокой и низкой вербальной креативностью: анализ альфа1,2-ритмов // Журн. высш. нервн. деят. 2009. Т. 59. № 3. С. 242–251.
- Разумникова О.М., Шемелина О.С.* Взаимодействие личностных и когнитивных свойств при экспериментальном определении креативности // Вопр. психол. 1999. № 5. С. 130–139.
- Тарасова И.В., Вольф Н.В., Разумникова О.М.* Изменения мощности ЭЭГ при образном креативном мышлении у мужчин и женщин // Журн. высш. нервн. деят. 2005. Т. 55. № 6. С. 780–784.
- Холодная М.А.* Когнитивные стили. О природе индивидуального ума. СПб: Питер, 2004.
- Шемякина Н.В., Данько С.Г.* Изменения мощности и когерентности α 2-диапазона ЭЭГ при выполнении творческих заданий с использованием эмоционально-значимых и эмоционально-нейтральных слов // Физиол. человека. 2007. Т. 33. № 1. С. 20–27.
- Alexander J.E., O'Boyle M.W., Benbow C.P.* Developmentally advanced EEG alpha power in gifted male and female adolescents // Int. J. Psychophysiol. 1996. 23. 25–31.
- Amabile T., Hennessey B., Grossman B.* Social influences on creativity: The effects of contracted-for reward // J. Person. Soc. Psychol. 1986. 50. 1. 14–23.
- Amodio D.M., Shah J.Y., Sigelman J., Brazy P.C., Harmon-Jones E.* Implicit regulatory focus associated with asymmetrical frontal cortical activity // J. Exp. Social Psychol. 2004. 40. 225–232.
- Anderson M. C., Spellman B.A.* On the status of inhibitory mechanisms in cognition: Memory retrieval as a model case // Psychol. Rev. 1995. 102. 1. 68–100.
- Anokhin A.P., Lutzenberger W., Birbauter N.* Spatiotemporal organization of brain dynamics and intelligence: an EEG study in adolescents // Int. J. Psychol., 1999. 51. 23–41.
- Ansburg P.L., Hill K.* Creative and analytic thinkers differ in their use of attentional resources // Pers. Individ. Differ. 2003. 34. 1141–1152.
- Baas M., De Dreu C.K.W., Nijstad B.A.* A meta-analysis of 25 years of research on mood and creativity: Hedonic tone, activation, or regulatory focus? // Psychol. Bull. 2008. 134. 779–806.
- Baddeley A., Sala S.D.* Working memory and executive control // A.C. Roberts, T.W. Robbins, L. Weiskrantz (eds.). The Prefrontal Cortex: Executive and Cognitive Functions. Oxford University Press, 1998. P. 9–21.
- Barkley R.A.* Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD // Psychol. Bull. 1997. 121.1. 65–94.
- Basar E., Basar-Eroglu C., Karakas S.M., Scurmann M.* Brain oscillations in perception and memory // Int. J. Psychophysiol. 2000. 35. 95–124.
- Baumann N., Kuhl J.* Positive Affect and flexibility: Overcoming the precedence of global over local processing of visual information // Motivation and Emotion, 2005. 29. 2. 123–134
- Bellgrove B.A., Hester R., Garavan H.* The functional neuroanatomical correlates of response variability: evidence from a response inhibition task // Neuropsychologia. 2004. 42. 1910–1916.
- Bhattacharya J., Petsche H.* Drawing on mind's canvas: differences in cortical patterns between artists and non-artists // Human Brain Mapping. 2005. 26. 1–14.
- Bowden E.M., Beeman M.J.* Getting the right idea: Semantic activation in the right hemisphere may help solve insight problems // Psychol. Sci. 1998. 9. 435–440.

- Burbaud P., Camus O., Guehl D. et al.* Influence of cognitive strategies on the pattern of cortical activation during mental subtraction. A functional imaging study in human subjects // *Neurosci. Lett.* 2000. 287. 1. 76–80.
- Carson S.H., Peterson J.B., Higgins D.M.* Decreased latent inhibition is associated with increased creative achievement in high-functioning individuals // *J. Person. Soc. Psychol.* 2003. 85. 3. 499–506.
- Carter C.S., MacDonald A.W. III, Ross L.L., Stenger V.A.* Anterior cingulate cortex activity and impaired self-monitoring of performance in patients with schizophrenia: An event related fMRI study // *Am. J. Psychiatry*, 2001. 158. 1423–1428.
- Cooper N.R., Croft R.J., Dominey S.J.J., Burgess A.P., Gruzelier J.H.* Paradox lost? Explore the role of alpha oscillations during externally vs. internally directed attention and the implications for idling and inhibition hypothesis // *Int. J. Psychophysiol.* 2003. 47. 65–74.
- Cramond B.* Attention-deficit hyperactivity disorder and creativity – what is the connection? // *J. Creative Behav.* 1994. 28. 3. 193–210.
- Doppelmayr M., Klimesch W., Sauseng P., Holdmoser K., Stadler W., Hansmayr S.* Intelligence related differences in EEG-band-power // *Neurosci. Lett.* 2002. 381. 309–313.
- Dorfman L., Martindale C., Gassimova V., Vartanian O.* Creativity and speed of information processing: A double dissociation involving elementary versus inhibitory cognitive tasks // *Pers. Individ. Differ.* 2008. 44. 6. 1382–1390.
- Eisenberger R., Shanock L.* Reward, intrinsic motivation, and creativity: A case study of conceptual and methodological isolation // *Creativity Res. J.* 2003. V. 15. 121–130.
- Eysenck H.J.* *Genius: The natural history of creativity.* Cambridge UP, Cambridge, 1995.
- Fan J., Byrne J., Worden M.S., Guise K.G., McCandliss B.D., Fossella J., Posner M.I.* The relation of brain oscillations to attentional networks // *J. Neuroscience*, 2007. 27. 23. 6197–6206.
- Fan J., McCandliss B.D.* Testing the efficiency and independence of attentional networks // *J. Cogn. Neurosci.* 2002. 14. 340–347.
- Faw B.* Pre-frontal executive committee for perception, working memory, attention, long-term memory, motor control, and thinking: A tutorial review // *Consciousness & Cognition*. 2003. 12. 1. 83–139.
- Fink A., Grabner R.H., Benedek M., Neubauer A.C.* Divergent thinking training is related to frontal electroencephalogram alpha synchronization // *Europ. J. Neurosci.* 2006. 23. 2241–2246.
- Fink A., Neubauer A.C.* Eysenck meets Martindale: The relationship between extraversion and originality from the neuroscientific perspective // *Pers. Individ. Differ.* 2008. 44. 299–310.
- Fink A., Roland H., Grabner R.H., Benedek M., Reishofer G., Verena Hauswirth V., Fally M., Neuper C., Ebner F., Neubauer A.C.* The creative brain: investigation of brain activity during creative problem solving by means of EEG and fMRI // *Human Brain Mapping*. 2009. 30. 3. 734–748.
- Finke R.A., Ward T.B., Smith S.M.* *Creative cognition: theory, research, and application.* Cambridge, MA: MIT Press, 1992.
- Folley B.S., Park S.* Verbal creativity and schizotypal personality in relation to prefrontal hemispheric laterality: A behavioral and near-infrared optical imaging study // *Schizophrenia Research*. 2005. 80. 2–3. 271–282.
- Forgays D.G., Forgays D.K.* Creative enhancement through flotation isolation // *J. Environmental Psychol.* 1992. 12. 329–335.
- Friedman R.S., Fishbach A., Forster J., Werth L.* Attentional priming effects on

- creativity // *Creat. Res. J.* 2003. 15. 2–3. 277–286.
- Garavan H., Ross T.J., Murphy K., Roche R.A.P., Stein E.A.* Dissociable executive functions in the dynamic control of behavior: inhibition, error detection, and correction // *NeuroImage*. 2002. 17. 1820–1829.
- Geake J.* A neuro-psychological model of the creative intelligence of gifted children // *Gifted and Talented International*. 2005. 20. 1. 4–16.
- Gevins A., Smith M.E.* Neurophysiological measures of working memory and individual differences in cognitive ability and cognitive style // *Cerebral Cortex*. 2000. 10. 9. 829–839.
- Goldberg E., Harner R., Lovell M., Podell K., Riggio S.* Cognitive bias, functional cortical geometry, and the frontal lobes: laterality, sex, and handedness // *J. Cogn. Neuroscience*. 1994. 6. 3. 276–296.
- Grabner R.H., Fink A., Neubauer A.C.* Brain correlates of self-rated originality of ideas: Evidence from event-related power and phase-locking changes in the EEG // *Behavioral Neurosci.* 2007. 121. 1. 224–230
- Greicius M.D., Krasnow B., Reiss A.L., Menon V.* Functional connectivity in the resting brain: a network analysis of the default mode hypothesis // *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A*, 2003. 100. 1. 253–258.
- Grossman M., Smith E.E., Koenig P. et al.* The neural basis for categorization in semantic memory // *NeuroImage*, 2002. 17. 1549–1561.
- Gruber T., Muller M.M.* Oscillatory brain activity dissociates between associative stimulus content in a repetition priming task in the human EEG // *Cerebral Cortex*, 2005. 15. 109–116.
- Guilford J.P., Christensen P.R.* The one-way relation between creative potential and IQ // *J. Creative Behav.* 1973. 7. 247–252.
- Haier R.J., Jung R.E., Yeo R.A., Head K., Alkire M.T.* The neuroanatomy of general intelligence: sex matters. *NeuroImage*. 2005. 25. 320–327
- Haier R.J., Siegel B.V., Nuechterlein K.H., Hazlett E., Wu J.C., Paek J., Browning H.L., Buchsbaum M.S.* Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract reasoning and attention studied with positron emission tomography // *Intelligence*. 1988. 12. 199–217.
- Haier R.J., White N.S., Alkire M.T.* Individual differences in general intelligence correlate with brain function during non-reasoning tasks // *Intelligence*. 2003. 31. 429–441.
- Harrington D.M.* Effects of explicit instructions to 'be creative' on the psychological meaning of divergent thinking test scores // *J. Pers.* 1975. 43. 434–454.
- Healey D., Rucklidge J.J.* An investigation into the relationship among ADHD symptomatology, creativity, and neuropsychological functioning in children // *Child Neuropsychology*. 2006. 12. 421–438.
- Hetrick W.P., Sandman C.A., Bunney W.E.Jr., Jin Y. et al.* Gender differences in gating of the auditory evoked potentials in normal subjects // *Biol. Psychiatry*. 1996. 39. 1. 51–58.
- Hoppe K.D., Kyle N.L.* Dual brain, creativity and health // *Creativity Res. J.* 1990. 3. 150–157.
- Howard-Jones P. A., Murray S.* Ideational productivity, focus of attention, and context // *Creativity Research J.* 2003. 15. 2–3. 153–166.
- Jaušovec N.* Differences in EEG alpha activity related to giftedness // *Intelligence*. 1996. 3. 159–173.
- Jaušovec N., Jaušovec K.* EEG activity during the performance of complex mental problems // *Int. J. Psychophysiol.* 2000. 36. 73–88.
- Jung R.E., Haier R.J.* The parieto-frontal integration theory (P-FIT) of intelligence:

- converging neuroimaging evidence // *Behav. Brain Sci.* 2007. 30. 2. 135–154.
- Jung-Beeman M., Bowden E.M., Haberman J., Frymiare J.L., Arambel-Liu S., Greenblatt R., Reber P.J., Konnors J.* Neural activity when people solve verbal problems with insight // *PLoS Biology.* 2004. 2. 4.
- Kahana M.J.* The cognitive correlates of human brain oscillations // *J. Neurosci.* 2006. 26. 1669–672.
- Kaiser S., Roth A., Rentrop M., Friederich H-C., Bender S., Weibrod M.* Intra-individual reaction time variability in schizophrenia, depression and borderline personality disorder // *Brain and Cogn.* 2008. 66. 73–82.
- Keil A., Muller M.M., Ray W.J., Gruber T., Elbert T.* Human gamma band activity and perception of a Gestalt // *J. Neurosci.* 1999. 19. 7152–7161.
- Klein C., Wendling K., Huettner P., Ruder H., Paper M.* Intra-subject variability in attention-deficit hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry.* 2006. 60. 1088–1097.
- Knyazev G.G.* Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations // *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2007. 31. 3. 377–395.
- Kopell N., Eementrout G.B., Whittington M.A., Traub R.D.* Gamma rhythms and beta rhythms have different synchronization properties // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2000. 97. 4. 1867–1872.
- Krause C.M., Viemero V., Rosenqvist A., Sillanmaki L. et al.* Relative electroencephalographic desynchronization and synchronization in humans to emotional film content: an analysis of the 4–6, 6–8, 8–10 and 10–12 Hz frequency bands // *Neurosci. Let.* 2000. 286. 9–12.
- Lin Z., Lin Y., Han S.* Self-construal priming modulates visual activity underlying global/local perception // *Pers. Individ. Differ.* 2008. 77. 93–97.
- Lubow, R.E., Gewirtz, J.C.* Latent inhibition in humans: Data, theory, and implications for schizophrenia // *Psychol. Bull.* 1995. 117. 87–103.
- Lutzenberger W., Pulvermuller F., Birbaumer N.* Words and pseudowords elicit distinct patterns of 30-Hz EEG responses in human // *Neurosci. Let.* 1994. 176. 1. 115–118.
- Mantini D., Perrucci M.G., Del Gratta C., Romani G.L., Corbetta M.* Electrophysiological signatures of resting state networks in the human brain // *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.* 2007. 104. 32. 13170–13175.
- Martindale C., Hines D., Mitchell L., Covello E.* EEG alpha asymmetry and creativity // *Pers. Individ. Differ.* 1984. 5. 1. 77–86.
- Martindale C.* Biological bases of creativity // R.J. Sternberg (ed.). *Handbook of creativity.* Cambridge: Cambridge University Press, 1999. P. 137–152.
- Mehrabian A.* Theory and evidence bearing on a scale of trait arousability // *Current Psychol.* 1995. 14. 3–28.
- Mottaghy F.M., Willmes K., Horwitz B., Muller H-W., Krause B.J., Sturm W.* System level modeling of a neuronal network subserving intrinsic alertness // *NeuroImage.* 2006. 29. 225–233.
- Neihart M., Reis S., Robinson N., Moon S.* The social and emotional development of gifted children: What do we know? Waco, TX: Prufrock Press, 2002.
- Neubauer A.C., Fink A., Schrausser D.G.* Intelligence and neural efficiency: The influence of task content and sex on the brain-IQ relationship // *Intelligence.* 2002. 30. 5. 515–536.
- O'Boyle M.W., Alexander J.W., Benbow C.P.* Enhanced right hemisphere activation in the mathematically precocious: A preliminary EEG investigation // *Brain Cogn.* 1991. 17. 2. 138–153.
- O'Connell R.G., Bellgrove M.A., Dockree P.M., Lau A., Hester R., Garavan H., Fitzgerald M., Foxe J.J., Robertson I.H.* The neural

- correlates of deficient error awareness in attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) // *Neuropsychologia*, 2009. 47. 4. 1149–1159.
- Petsche H., Etlinger S.C.* EEG aspects of cognitive processes: A contribution to the proteus-like nature of consciousness // *Int. J. Psychol.* 1998. 33. 3. 199–212.
- Petsche H., Kaplan S., von Stein A., Filz O.* The possible meaning of the upper and lower alpha frequency ranges for cognitive and creative tasks // *Int. J. Psychophysiol.* 1997. 26. 1–3. 77–97.
- Pliszka S.R., Liotti M., Woldorff M.G.* Inhibitory control in children with attention-deficit hyperactivity disorder: Event-related potentials identify the processing component and timing of an impaired right-frontal response-inhibition mechanism // *Biol. Psychiatry*. 2000. 48. 238–246.
- Posner M.I., Rothbart M.K.* Research on attention networks as a model for the integration of psychological science // *Annu. Rev. Psychol.* 2007. 58. 1–23.
- Preckel F., Holling H., Wiese M.* Relationship of intelligence and creativity in gifted and non-gifted students: An investigation of threshold theory // *Pers. Individ. Differ.* 2006. 40. 159–170.
- Quay H.C.* Inhibition and attention deficit hyperactivity disorder // *J. Abnormal Child Psychol.* 1997. 25. 1. 7–13.
- Raz A., Buhle J.* Typologies of attentional networks // *Nature Rev. Neurosci.* 2006. 7. 367–379.
- Razoumnikova O.M.* Functional organization of different brain areas during convergent and divergent thinking: An EEG investigation // *Cogn. Brain Res.* 2000. 10. 11–18.
- Razumnikova O.M.* Creativity related cortex creativity in the remote associates task // *Brain Res. Bull.* 2007. 73. 1–3. 96–102.
- Rypma B.D., Esposito M.* The roles of prefrontal brain regions in components of working memory: effects of memory load and individual differences // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1999. 96. 6558–6563.
- Sauseng P., Klimesch W.* What does phase information of oscillatory brain activity tell us about cognitive processes? // *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2008. 32. 1001–1013.
- Sederberg P.B., Kahana M.J., Howard M.W., Donner E.J., Madsen J.R.* Theta and gamma oscillations during encoding predict subsequent recall // *J. Neurosci.* 2003. 23. 34. 10809–10814.
- Shah J.Y., Higgins E.T., Friedman R.* Performance incentives and means: How regulatory focus influences goal attainment // *J. Pers. Social Psychol.* 1998. 74. 285–293.
- Sutton S.K., Davidson R.J.* Prefrontal brain asymmetry: A biological substrate of the behavioral approach and inhibition systems // *Psychol. Science*. 1997. 8. 204–210.
- Steinmitz H., Jancke L., Kleischmidt A. et al.* Sex but no hand difference in the isthmus of the corpus callosum // *Neurology*. 1992. 42. 749–752.
- Sternberg R.J., Lubart T.I.* An investment theory of creativity and its development // *Human Development*. 1991. 34. 1–31.
- Tallon-Baudry C., Bertrand O.* Oscillatory gamma activity in human and its role on object representation // *Trends in Cogn. Sci.* 1999. 3. 151–162.
- Thacher R.W., North D., Biver C.* EEG and intelligence: relations between EEG coherence, EEG phase delay and power // *Clin. Neurophysiol.* 2005. 116. 9. 2129–2141.
- Turbes C.C.* EEG dynamics. Brain processing of sensory and cognitive information // *Biomed. Sci. Instrum.* 1992. 28. 51–58.
- Urban K.K.* Toward a Componential Model of Creativity // D. Ambrose, L.M. Cohen, A.J. Tannenbaum (eds.). *Creative Intelligence: Toward Theoretic Integration*. Hampton Press Inc: Cresskill, NJ., 2003.
- Van Den Broeck H., Vanderheyden K., Cools E.* The field of cognitive styles: From

a theoretical review to the construction of the cognitive style inventory // Vlerick Leuven Gent Working Paper Series. 2003. 379. 1–26

Vartanian O., Martidale C., Kwiakowski J. Creative potential, attention, and speed of information processing // *Pers. Individ. Differ.* 2007. 43. 1470–1480.

von Stein A., Sarnthein J. Different frequencies for different scales of cortical integration: from local gamma to long range alpha/theta synchronization // *Int. J. Psychophysiol.* 2000. 38. 301–313.

Weiss S., Rappelsberger P. EEG coherence within the 13-18 Hz band as a correlate of a distinct lexical organization of concrete and abstract nouns in humans // *Neurosci. Lett.* 1996. 209. 17–20.

Zaidel E., Aboitiz F., Clark J. Sexual dimorphism in inter-hemispheric relations: anatomical-behavioral convergence // *Biol. Res.* 1995. 28. 27–43.

Zhang J.X., Feng C-M., Fox P.T., Gao J-H., Tan L.H. Is left frontal gyrus a general mechanism for selection // *NeuroImage.* 2004. 23. 2. 596–603.