

ИНДИВИДУАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕСТРОЕК ЭЭГ ЧЕЛОВЕКА ПРИ АНАЛИЗЕ ОБОНЯТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ: РОЛЬ ЭКСТРА/ИНТРОВЕРСИИ

Поступила 18.10.09

Изучали изменения ЭЭГ человека при предъявлении обонятельных стимулов (запахов эфирных масел) и зависимость таких перестроек от уровня экстра/интроверсии. Показано, что эта характеристика личности заметно влияет на характер одорантиндуцированных изменений ЭЭГ. Для индивидов с доминированием интроверсии была характерна большая степень неспецифической активации головного мозга при восприятии ольфакторных раздражений, что проявлялось в уменьшении мощности низкочастотных компонентов ЭЭГ в теменных, затылочных и височных областях коры. Каудально ориентированный паттерн возрастания уровня когерентности колебаний высокочастотной области спектра ЭЭГ расценивается нами как проявление интенсификации внутренних ассоциативных процессов. У индивидов с преобладанием экстраверсии отмечался в целом меньший уровень неспецифической церебральной активации под влиянием обонятельной стимуляции. Фронтально-париетальный паттерн пространственной синхронизации колебаний ЭЭГ рассматривается как свидетельство развития сенсорно-аналитических процессов, ориентированных на внешнюю информацию. В целом полученные результаты согласуются с характеристикой психологического параметра экстра/интроверсии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЭЭГ, ольфакторная стимуляция, обонятельный анализатор, спектральная мощность, когерентность, эфирные масла, экстра/интроверсия.

ВВЕДЕНИЕ

В нашей предыдущей работе [1] было показано, что направленное восприятие обонятельной информации человеком сопровождается выраженными перестройками ЭЭГ-активности головного мозга. При этом, естественно, необходимо учитывать, что изменения функционального состояния церебральных систем при восприятии внешних сенсорных раздражителей человека могут в определенной мере коррелировать с психофизиологическими параметрами личности [2, 3]. Существуют ряд подходов к типологизации людей на основе психологических и психофизиологических характеристик [4]. Одной из наиболее часто используемых и физиологически обоснованных концепций является так называемая двухфакторная модель личности, разработанная английским психологом Айзенком [5]. Согласно данной концепции, среди личностных ха-

рактеристик выделяются два базовых параметра – уровень нейротизма и экстра/интроверсия. Первый из них характеризует эмоциональную подвижность индивида и в значительной степени определяется большей или меньшей степенью активации эмоциональных структур головного мозга, в частности амигдалы [6]. Второй же параметр в психологическом аспекте характеризует направленность индивида на получение информации из внешнего мира (экстраверты) либо же предпочтение внутренних процессов, связанных с воображением и размышлениями (интроверты) [5]. В физиологическом аспекте эта характеристика соотносится прежде всего с уровнем активации восходящей активирующей системы головного мозга [7]. Показано, что для интровертов в сравнении с экстравертами типичны более низкие зрительные и слуховые [8], но не обонятельные [9] пороги сенсорного восприятия. Тот факт, что восприятие запахов не зависит от данной личностной характеристики, установлен также на поведенческом уровне [10]. При этом вопрос, отражается ли параметр экстра/интроверсии

¹ Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко (Украина).
Эл. почта: psyulab@psyulab.kiev.ua (А. А. Чернинский, Н. Г. Пискорская,
И. Г. Зима, С. А. Крижановский, Н. Е. Макачук).

на объективных показателях центральных процессов анализа обонятельной информации, остается пока не изученным.

С учетом представленных фактов и соображений мы провели исследование, которое было направлено на выявление связей между особенностями изменений спектрально-мощностных и спектрально-когерентных характеристик ЭЭГ-активности человека при предъявлении обонятельных стимулов и психологическим параметром экстра/интроверсии у тестируемых.

МЕТОДИКА

В тестах принимали участие 67 добровольцев – студенты киевских ВУЗов. Возраст испытуемых варьировал от 18 до 25 лет; в состав группы входили 24 женщины и 43 мужчины без явных признаков ринальной патологии. Во время ольфакторной стимуляции и регистрации ЭЭГ обследуемые находились в звуко- и светоизолированной камере в положении полулежа в удобном кресле с закрытыми глазами.

Методика ольфакторной стимуляции (точнее – методика манипуляций, осуществляемых испытуемым и обеспечивающих восприятие запаха одоранта) была подробно описана в нашем предыдущем сообщении [1]. ЭЭГ регистрировали до, во время и после восприятия запахов различных одорантов, в основном растительных эфирных масел (ЭМ). Данный класс обонятельных раздражителей был выбран исходя из того, что человек достаточно часто встречается с подобными запахами и они, как правило, не вызывают негативных эмоциональных реакций. Использовали ЭМ лаванды, розмарина, иланг-иланга, сосны альпийской, лимона, мяты, аниса, полыни горькой и розы, а также спиртовую настойку валерьяны лекарственной. Паузы между пробами с одорантом и контролем составляли не меньше 3 мин.

Исследуемые ЭМ в небольших количествах наносились на полоски фильтровальной бумаги, помещенные в пробирки для полумикроанализа. Дозы одорантов были минимальными и подбирались таким образом, чтобы субъективная интенсивность их запахов была примерно одинаковой и достаточной для детекции и распознавания.

После адаптации испытуемых к условиям отведения и записи фоновой ЭЭГ (3 мин) по голосовой команде экспериментатора участники долж-

ны были взять пробирку из штатива, открыть ее и установить перед собой на таком расстоянии от лица (1–5 см), чтобы четко ощущать запах находящегося внутри тест-вещества. Успешность и точность манипуляций достигались предварительной тренировкой в освещенной камере. После окончания манипуляций с пробиркой и прекращения двигательной активности испытуемые сообщали об этом экспериментатору, и через 15–30 с начиналась регистрация ЭЭГ во время восприятия запаха определенного одоранта (3 мин). Далее по голосовой команде экспериментатора участники закрывали и отодвигали от себя пробирку, после чего у обследуемых по прекращении движений в течение еще 3 мин вновь регистрировалась ЭЭГ. Контрольный тест для каждого испытуемого представлял собой восприятие «запаха» пробирки, в которой содержалась полоска, смоченная дистиллированной водой. Участники эксперимента не получали информации о содержимом предъявляемых пробирок. Кроме того, перед испытуемыми была поставлена задача не только сенсорного восприятия, но и субъективной *post factum*-оценки запаховой информации.

ЭЭГ-реакции тестируемых на предъявление веществ в разных пробирках анализировались независимо. Всего пригодными для анализа оказались 101 ЭЭГ-реакция из 134 на предъявление запахов одорантов и 46 реакций из 67 на предъявление контрольной пробирки с дистиллированной водой.

Сигналы ЭЭГ отводили от симметричных лобных (Fp1, Fp2), теменных (P3, P4), затылочных (O1, O2) и височных (T3, T4) локусов согласно международной схеме “10–20” с помощью стандартного электроэнцефалографа. В качестве референтного электрода использовали объединенные ушные контакты. Межэлектродное сопротивление не превышало 5 кОм. Использовали фильтр высоких частот с частотой среза 70 Гц и сетевой фильтр (50 Гц); постоянная времени тракта усиления составляла 0.3 с. Сигналы от электроэнцефалографа дискретизировали с частотой 100 с^{-1} и вводили в персональный компьютер. В пределах каждого из трехминутных интервалов (фона, восприятия запаха и последствия) записывали по шесть 20-секундных отрезков ЭЭГ. Записи подвергали предварительно визуальному контролю качества отведения, после чего из этих отрезков выбирали безартефактные 15-секундные реализации. При помощи специализированной программы на основе алгоритма быстрого преобразования Фурье для данных образцов ЭЭГ вычисляли спектральные мощности (СМ)

семи частотных субдиапазонов: низко- и высокочастотного компонентов тета-ритма (θ_1 , 4.0–6.0 Гц и θ_2 , 6.0–7.5 Гц), низко-, средне и высокочастотного компонентов альфа-ритма (α_1 , 7.5–9.5 Гц; α_2 , 9.5–11.0 Гц и α_3 , 11.0–13.0 Гц) и низко- и высокочастотной составляющих бета-ритма (β_1 , 13.0–20.0 Гц и β_2 , 20.0–25.0 Гц), а также средние уровни когерентности (УК) в данных диапазонах по всем 28 возможным парам отведений. Кроме того, вычисляли нормированные значения СМ (НСМ) указанных диапазонов (отношение СМ определенного диапазона к интегральной мощности ЭЭГ-колебаний в пределах всех перечисленных выше диапазонов, принятой за 100 %). Эпоха анализа составляла 5.12 с, эпоха усреднения – 1/8 эпохи анализа.

Уровень экстра/интроверсии определяли при помощи опросника Айзенка ЕРІ [11]. Данный показатель мог принимать дискретные значения в диапазоне 0–24; на основании его величин все испытуемые были разделены на две группы: «интроверты» (показатель менее 13) и «экстраверты» (показатель более 13). Следует отметить, что термины «экстраверты» и «интроверты» в нашем контексте не характеризуют четко выраженные указанные психотипы, а применяются для краткости изложения. Согласно принятым взглядам [11], о выраженной интроверсии или экстраверсии можно говорить при значениях упомянутого параметра меньше 10 или больше 18 соответственно. Более корректно наши группы следует охарактеризовать как включающие в себя личностей со сравнительно низким и высоким уровнями экстраверсии; далее упомянутые выше термины используются без кавычек.

Значимость различий исследуемых параметров при сравнении зависимых выборок оценивали с помощью критерия знаковых ранговых сумм Вилкоксона. Чтобы в ряде случаев установить различия между количественными характеристиками изменений параметров ЭЭГ в разных отведениях, использовали непараметрический вариант однофакторного анализа – критерий Крускала – Уоллиса. Указанные расчеты производили с использованием программного пакета «Statgraphics 5.1» («Manugistics», США) или макросов, реализованных нами на языке программирования «Visual Basic for Applications» (пакет «Microsoft Excel»).

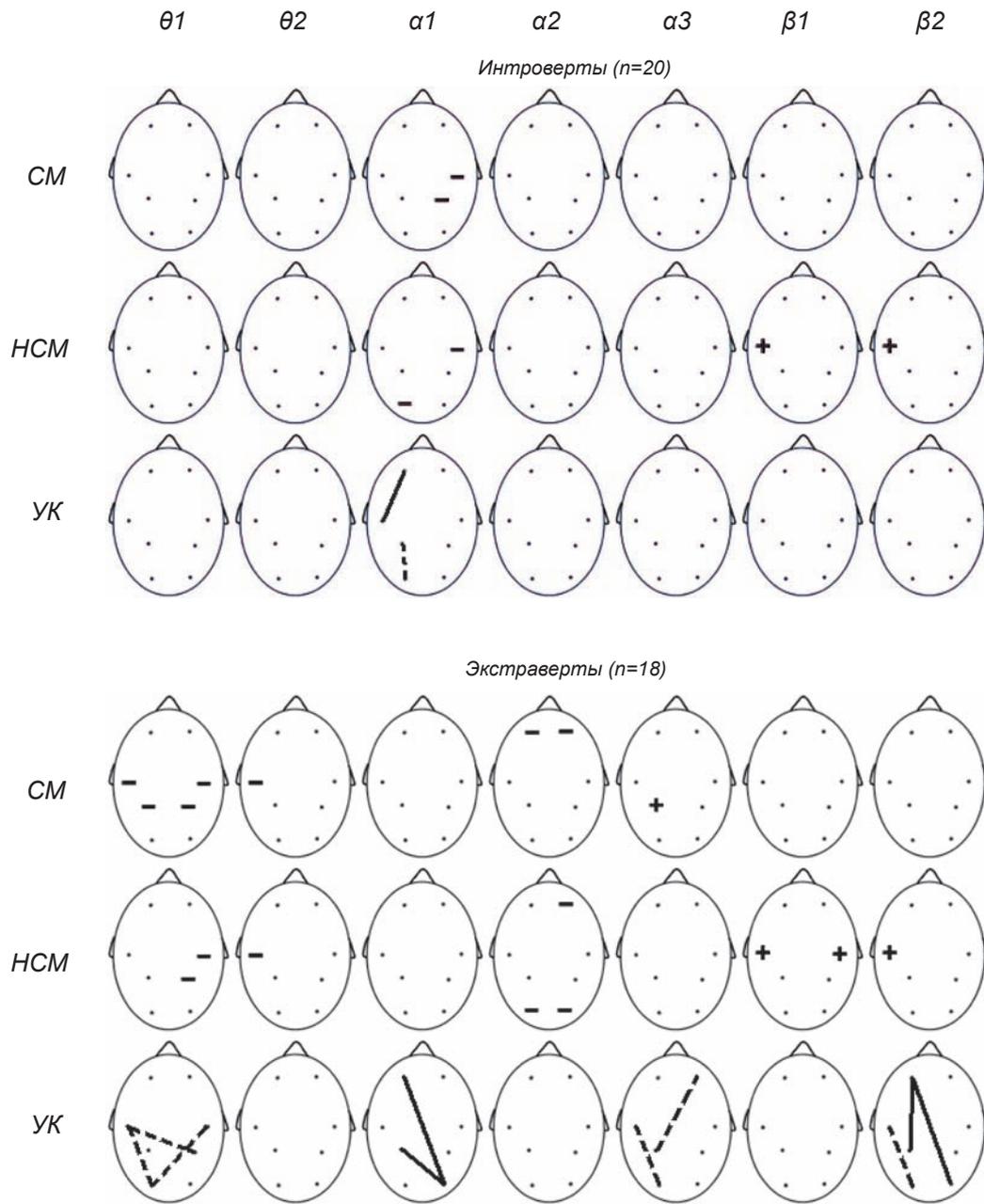
РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как показал анализ динамики перестроек ЭЭГ-активности при восприятии «запаха» контрольной пробы, изменения исследуемых параметров в обеих группах, классифицированных согласно уровню экстра/интроверсии, были весьма незначительными (рис. 1), что согласуется с ранее опубликованными результатами [1]. В то же время, видимо, следует отметить немногочисленные, но достаточно интересные особенности результатов данного теста в исследованных группах. Так, в группе лиц с преобладанием интроверсии обращали на себя внимание заметные изменения всех изучаемых параметров (СМ, НСМ и УК) низкочастотного α -ритма, выраженность которого традиционно связывают с процессами внимания [12].

Гораздо более существенные межгрупповые различия наблюдались при анализе перестроек ЭЭГ, связанных с восприятием запахов тест-одорантов (рис. 2). В целом интроверты оказались более реактивными по сравнению с экстравертами, что проявлялось в заметно большем числе зарегистрированных статистически значимых изменений параметров ЭЭГ (рис. 2).

В частности, у индивидов-интровертов отмечался прирост СМ и НСМ колебаний θ_1 -диапазона во фронтальных отведениях, что сопровождалось повышением уровня пространственной синхронизации в этих же областях. Ряд авторов соотносят увеличение ЭЭГ-активности в θ -диапазоне у здоровых испытуемых при выполнении заданий, связанных с детекцией сенсорных стимулов, с функционированием рабочей памяти [12]. Таким образом, можно предположить, что зарегистрированные различия обусловлены более интенсивной активацией механизмов направленного внимания у интровертов [5, 13].

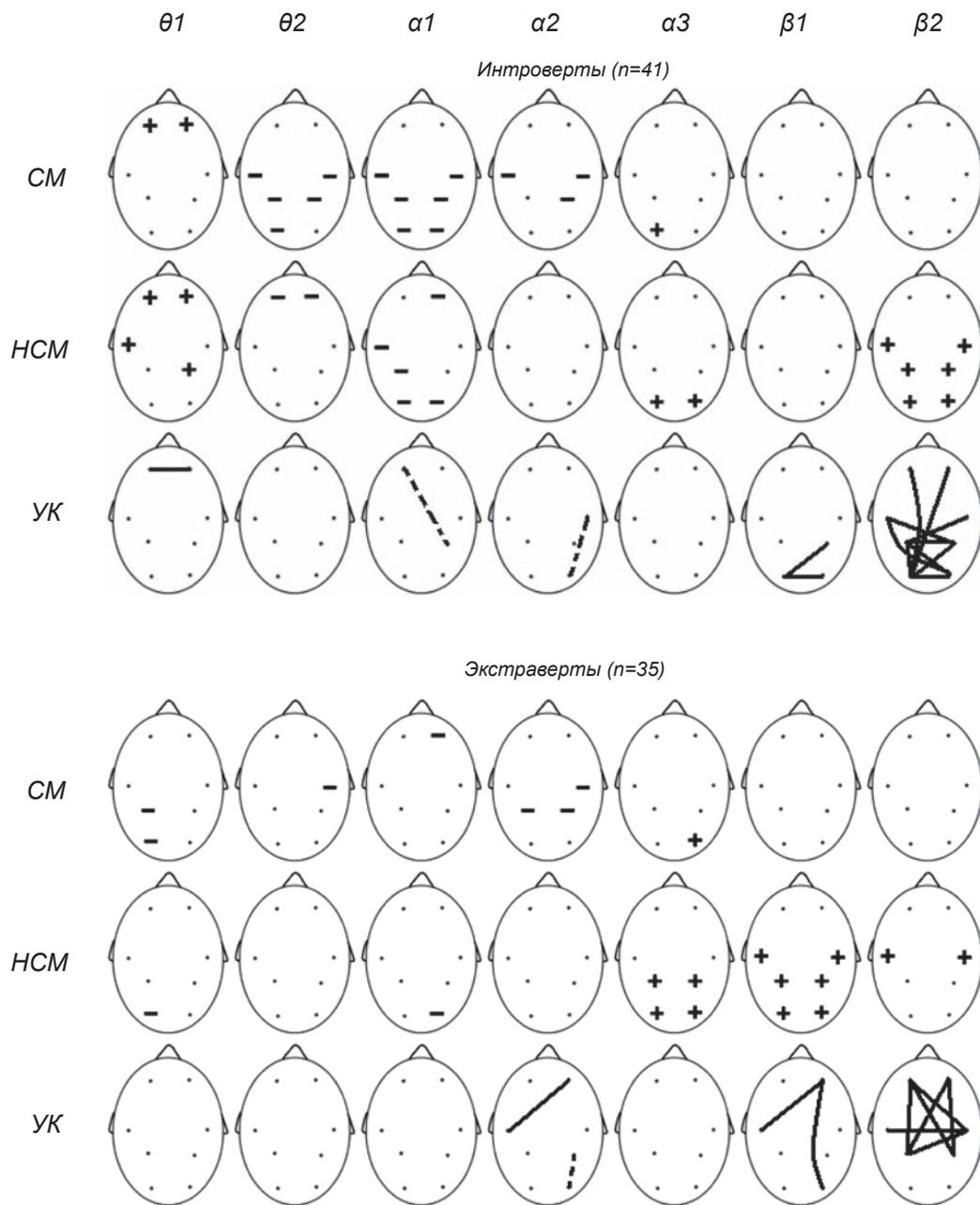
Другим моментом, различающим анализируемые группы, оказалось снижение мощности ЭЭГ-колебаний в спектральной полосе 6–10.5 Гц (θ_2 -, α_1 - и α_2 -диапазоны), также более выраженное в группе интровертов (рис. 2). Такая динамика ЭЭГ-показателей расценивается как свидетельство генерализованной неспецифической церебральной активации [14]; при этом сдвиги в области более низких частот (θ_2 , α_1) связывают с процессом эмоциогенной



Р и с. 1. Топокарты изменений параметров ЭЭГ при предъявлении контрольной пробы с дистиллированной водой в группах, выделенных по уровню экстра/интроверсии.

Над схемами указаны анализируемые частотные субдиапазоны ЭЭГ. Знаками “+” и “-” обозначены случаи значимого ($P < 0.05$) увеличения или уменьшения значений спектральной мощности (СМ) и нормированной СМ (НСМ) соответствующего ритма в том или ином отведении. Непрерывными линиями соединены обозначения пар отведений, в которых наблюдалось значимое возрастание, пунктирными – значимое уменьшение уровня когерентности (УК).

Р и с. 1. Топокарты змін параметрів ЕЕГ при пред'явленні контрольної проби з дистильованою водою в групах, виділені за рівнем екстра/інтроверсії.



Р и с. 2. Топокарты изменений параметров ЭЭГ при восприятии запахов эфирных масел в группах, выделенных по уровню экстра/интроверсии. Обозначения те же, что и на рис. 1.

Р и с. 2. Топокарти змін параметрів ЕЕГ при сприйнятті запахів ефірних олій у групах, виділених за рівнем екстра/інтроверсії.

активации [15], а снижение мощности осцилляций $\alpha 2$ -диапазона – с усилением активности ретикуло-таламической системы [16].

Ещё одним моментом, различающим паттерны ЭЭГ-активации у экстравертов и интровертов, являлась динамика мощности колебаний относительно высокочастотной области спектра ЭЭГ ($\alpha 3$, $\beta 1$, $\beta 2$). Следует отметить, что в обеих группах наблюдался прирост НСМ частот этой области. Однако если у интровертов он происходил преимущественно за счёт более высокочастотного $\beta 2$ -диапазона, то у экстравертов – за счёт $\alpha 3$ - и $\beta 1$ -областей спектра (рис. 2).

Если описанная специфика одорантзависимой динамики спектральномоментных параметров (СМ, НСМ) ЭЭГ является количественной, то разница динамики спектральнокогерентных показателей (УК в β -диапазоне) характеризует скорее качественные различия паттернов ЭЭГ в исследуемых группах. Так, в обеих группах наблюдалось увеличение синхронности колебаний данных частот в парах, включающих в себя теменные отведения. Эти изменения рассматриваются как возрастание степени функционального взаимодействия нейронных систем теменной области коры головного мозга с другими областями. Но если в наших тестах у экстравертов преобладало усиление связей с височными и лобными зонами, то у интровертов – с затылочными и височными (рис. 2). Лобные же области коры интровертов оказались вовлечёнными в процессы восприятия ольфакторных раздражителей посредством формирования длинных фронто-окципитальных связей.

Таким образом, анализ динамики параметров ЭЭГ в условиях ольфакторной стимуляции выявил большую степень активации теменновисочных и затылочных областей головного мозга при восприятии обонятельной информации у испытуемых с большей степенью интроверсии. Анализ самоотчётов испытуемых в наших опытах [17] также показал больший уровень субъективного возбуждения, связанного с восприятием одорантов, в этой группе. Приведенные результаты согласуются с представлениями о более высоком фоновом уровне кортикальной активации у лиц с превалированием интроверсии [18, 7], но в то же время противоречат данным авторов, изучавших особенности субъективного восприятия одорантов и не нашедших в своих экспериментах связи интенсивности такого восприятия с экстраверсией [10]. Возможно, причина подобных различий обусловлена спецификой

постановки экспериментальных задач в опытах разных авторов.

Как было показано нами ранее [1], активация теменных, височных и затылочных областей головного мозга является доминантным фактором, определяющим паттерн одорантзависимых изменений ЭЭГ. Такой вывод подтверждается и данными томографических исследований. В частности, Ройе и соавт. [19] показали, что при выполнении различных заданий, связанных с восприятием обонятельной информации, активируются височные области коры, что может отражать вовлечение в активность «обонятельных» сенсорных кортикальных структур (пириформной, орбитофронтальной и островковой коры) [20]. Активация теменных областей, наблюдавшаяся нами, а также другими авторами [21, 19], вероятно, отражает вовлечение интермодальных ассоциативных механизмов, что необходимо в целом для функционирования церебральных структур, ответственных за внимание и рабочую память [22].

Выполнение более сложных, чем детекция запаха во вдыхаемом воздухе, заданий (таких, как узнавание и называние конкретного аромата) сопровождается вовлечением в активность лобных [19, 21] и затылочных [23] областей коры, что наблюдалось и в наших опытах [1]. Известно, что функционирование лобной коры связано с выполнением многочисленных когнитивных функций, в том числе и с формированием сложного комплекса психических явлений, объединяемых понятием «сознание» [24]. Обращает на себя внимание тот факт, что лобная кора вовлечена в одорантзависимую активацию головного мозга у испытуемых разных исследованных групп различным образом. Так, у интровертов наблюдались повышение взаимосвязанности нейронных механизмов симметричных лобных областей (динамика связи колебаний $\theta 1$ -диапазона, рис. 2), а также формирование длинных связей с затылочными участками (возрастание УК осцилляций $\beta 2$ -диапазона; рис. 2). Роль последних из упомянутых зон коры в анализе обонятельной информации далеко не очевидна, поскольку функционирование этих областей преимущественно связывается с деятельностью зрительного анализатора.

Мы наряду с другими авторами [1, 19, 23] выдвинули предположение, что роль упомянутой области заключается в построении неких семантических зрительных образов, ассоциативно связанных с ощущаемыми ароматами. Косвенным аргументом в пользу данного предположения является тот

факт, что процесс восприятия человеком запахов в высокой степени связан с предыдущим жизненным опытом, в частности с наличием сформированных ассоциаций (в том числе, разумеется, и межмодальных) [25, 26]. Неясным при этом остаётся вопрос о конкретном характере вовлечения фронтальных областей: являются ли они пунктом назначения для сформированного ассоциативного возбуждения с «целью» сделать его доступным для механизмов сознания, либо же они отсылают некий «запрос» на хранимые в зрительной долговременной памяти энграммы, ассоциативно связанные с воспринимаемым запахом.

В отличие от описанного выше, у экстравертов лобные области проявляли функциональные связи с теменными и височными, но не затылочными зонами (рис. 2). Основываясь на представлениях об интегративной роли фронто-париетальных связей в организации функционирования головного мозга [22], можно предположить, что анализ обонятельной информации у испытуемых этой группы сопровождался преобладанием сенсорно-аналитических процессов, связанных с субъективным ощущением стимула и переводом непосредственной информации относительно раздражителя на осознаваемый уровень. Морфологическим субстратом, обеспечивающим соответствующую когерентность, могло бы быть наличие связей между височными (преимущественно сенсорными) и лобными (когнитивно-«сознательными») областями коры. У интровертов же, как отмечалось выше, преобладали ассоциативные процессы. Возможно, у таких личностей осознаваемого уровня обработки информации достигают не столько «сырые» субъективные ощущения, сколько вызванные из памяти «вторичные» впечатления, ассоциативно связанные со стимулом.

Таким образом, в проведенном нами исследовании было выявлено заметное влияние такой психологической характеристики, как экстра/интроверсия, на характер одорантиндуцированных изменений ЭЭГ человека. При этом субъекты с превалированием интроверсии оказались более реактивными по отношению к подобной стимуляции, причем у них преобладала интенсификация внутренних ассоциативных процессов. У испытуемых же с доминированием экстраверсии, видимо, доминировали процессы анализа внешней сенсорной информации. В целом полученные результаты согласуются с общепризнанной характеристикой психологического параметра экстра/интроверсии.

А. О. Чернінський¹, Н. Г. Піскорська¹, І. Г. Зима¹, С. А. Крижановський¹, М. Ю. Макачук¹

ИНДИВИДУАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕБУДОВ ЕЕГ ЛЮДИНИ ПРИ АНАЛІЗІ НЮХОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ: РОЛЬ ЕКСТРА/ІНТРОВЕРСІЇ

¹Київський національний університет ім. Тараса Шевченка (Україна).

Резюме

Вивчали ЕЕГ людини при пред'явленні нюхових стимулів (запахів ефірних олій) та залежність таких перебудов від рівня екстра/інтроверсії. Показано, що ця характеристика особистості помітно впливає на характер одорантіндукованих змін ЕЕГ. Для індивідів з домінуванням інтроверсії була характерна більша ступінь неспецифічної активації головного мозку при сприйнятті ольфакторних подразників, що проявлялось у зменшенні потужності низькочастотних компонентів ЕЕГ у тім'яних, потиличних та скроневих ділянках. Каудально орієнтований патерн зростання рівня когерентності коливань високочастотної ділянки спектра ЕЕГ розцінюється нами як прояв інтенсифікації внутрішніх асоціативних процесів. В індивідів з домінуванням екстраверсії відмічався в цілому менший рівень неспецифічної церебральної активації під впливом нюхової стимуляції. Фронто-париетальний патерн просторової синхронізації коливань ЕЕГ розглядається нами як свідчення розвитку сенсорно-аналітичних процесів, орієнтованих на зовнішню інформацію. У цілому отримані результати узгоджуються із характеристикою психологічного параметра екстра/інтроверсії.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. А. Чернинский, И. Г. Зима, Н. Е. Макачук и др., "Изменения ЭЭГ человека при направленном восприятии и анализе обонятельной информации", *Нейрофизиология / Neurophysiology*, **41**, № 1, 70-78 (2009).
2. T. Canli, "Functional brain mapping of extraversion and neuroticism: learning from individual differences in emotion processing," *J. Pers.*, **72**, No. 6, 1105-1132 (2004).
3. T. R. Schneider, "The role of neuroticism on psychological and physiological stress responses," *J. Exp. Soc. Psychol.*, **40**, No. 6, 795-804 (2004).
4. В. В. Гуленко, "Человек как система типов. Проблема диагностики Эго и Персоны", *Соционика, ментология и психология личности*, № 6, 9-12 (2000).
5. H. J. Eysenck, *The Biological Basis of Personality*, Springfield, Illinois (1967).
6. C. L. Harenski, S. H. Kim, and S. Hamann, "Neuroticism and psychopathy predict brain activation during normal and nonnormal emotion regulation," *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.*, **9**, No. 1, 1-15 (2009).
7. D. Hageman, J. Hewig, C. Walter, et al., "Positive evidence for Eysenck's arousal hypothesis: A combined EEG and MRI study with multiple measurement occasions," *Person. Individ. Diff.*, **47**, No. 7, 717-721 (2009).

8. R. M. Stelmack, "Biological bases of extraversion: psychophysiological evidence," *J. Person.*, **58**, No. 1, 293-311 (1990).
9. H. S. Koelega, "Sex differences in olfactory sensitivity and the problem of the generality of smell acuity," *Percept. Mot. Skills.*, **78**, No. 1, 203-213 (1994).
10. D. Chen and P. Dalton, "The effect of emotion and personality on olfactory perception," *Chem. Sens.*, **30**, No. 4, 345-351 (2005).
11. Д. Я. Райгородский, *Практическая психодиагностика: методы и тесты*, Бахрах, Самара (1998).
12. W. Klimesch, "EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis," *Brain Res. Rev.*, **29**, Nos. 2/3, 169-195 (1998).
13. Y. Tran, A. Craig, and P. McIsaac, "Extraversion-introversion and 8-13 Hz waves in frontal cortical regions," *Person. Individ. Diff.*, **30**, No. 2, 205-215 (2001).
14. С. Л. Шишкин, А. Я. Каплан, "Некоторые топографические закономерности синхронности сдвигов мощности альфа-активности в ЭЭГ человека", *Физиология человека*, **24**, № 6, 5-14 (1999).
15. R. J. Davidson, "Affective style and affective disorders: perspectives from affective neuroscience," *Cogn. Emot.*, **12**, No. 3, 307-330 (1998).
16. Н. Н. Данилова, *Функциональные состояния: механизмы и диагностика*, Изд-во МГУ, Москва (1985).
17. А. А. Чернинский, И. Г. Зима, Н. Е. Макачук и др., "Особенности субъективной оценки человеком запахов растительных эфирных масел", *Нейронауки*, № 2, 26-28 (2002).
18. A. Beaducel, B. Brocke, and A. Leue, "Energetical bases of extraversion: Effort, arousal, EEG, and performance," *Int. J. Psychophysiol.*, **62**, No. 2, 212-223 (2006).
19. J. P. Royet, J. Hudry, D. H. Zald, et al., "Functional neuroanatomy of different olfactory judgments," *NeuroImage*, **13**, No. 3, 506-519 (2001).
20. D. A. Wilson, M. Kadohisa, and M. L. Fletcher, "Cortical contributions to olfaction: Plasticity and perception," *Semin. Cell Dev. Biol.*, **17**, No. 4, 462-470 (2006).
21. L. A. Dade, R. J. Zatorre, A. C. Evans, and N. Jones-Gotman, "Working memory in another dimension: functional imaging of human olfactory working memory," *NeuroImage*, **14**, No. 3, 650-660 (2001).
22. H. R. Naghavi and L. Nyberg, "Common fronto-parietal activity in attention, memory, and consciousness: Shared demands on integration?" *Conscious. Cogn.*, **14**, No. 2, 390-425 (2005).
23. A. Qureshy, R. Kawasama, M. B. Imran, et al., "Functional mapping of human brain in olfactory processing: a PET study," *J. Neurophysiol.*, **84**, No. 3, 1656-1666 (2000).
24. N. Tsuchiya and R. Adolphs, "Emotion and consciousness," *Trends Cogn. Sci.*, **11**, No. 4, 158-167 (2007).
25. D. A. Wilson and R. J. Stevenson, "The fundamental role of memory in olfactory perception," *Trends Neurosci.*, **26**, No. 5, 243-247 (2003).
26. S. Kivity, O. D. Ortega-Hernandez, and Y. Shoenfeld, "Olfaction – a window to the mind," *Isr. Med. Assoc. J.*, **11**, No. 4, 238-243 (2009).