

## МОДУЛЯЦИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ РИТМОВ ЭЭГ В УСЛОВИЯХ РЕАКЦИИ АКТИВАЦИИ: ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИЧНОСТИ

Поступила 25.07.10

В группе из 118 взрослых испытуемых обоих полов исследована модуляция низкочастотных компонентов ЭЭГ ( $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов) в условиях реакции ЭЭГ-активации, обусловленной открыванием глаз. Типичные изменения  $\alpha$ -ритма (существенная депрессия у подавляющего большинства тестируемых) сопровождались разными по направленности сдвигами спектральной мощности (СМ)  $\delta$ - и  $\theta$ -компонентов у различных испытуемых. Мощность  $\delta$ -ритма в условиях реакции активации возрастала у 79 человек, уменьшалась у 29, а у 10 испытуемых изменения данного показателя в разных полушариях были противоположными по направленности. Соответственные подгруппы по характеру реактивности  $\theta$ -ритма включали в себя 36, 75 и семь человек. Значения дифференциальных коэффициентов реактивности (ДКР)  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов демонстрировали существенную положительную корреляцию ( $r = 0.616$  и  $0.603$  для левого и правого полушарий соответственно). Показатели реактивности  $\alpha$ - и  $\theta$ -ритмов также коррелировали между собой, хотя и слабее ( $r$  порядка 0.3), в то время как корреляция между значениями ДКР  $\alpha$ - и  $\delta$ -ритмов практически отсутствовала. В пределах всей исследованной группы были обнаружены достоверные негативные корреляции значений ДКР  $\delta$ - и  $\theta$ -активности с оценками некоторых психологических характеристик испытуемых (уровней экстраверсии, психотизма, эргичности, пластичности, доминантности и ряда других), определенными с использованием вопросников RTS Стреляу, EPQ Айзенка, ОСТ Русалова и 16 PF Кэттела. Выявлены также положительные корреляции со степенями нормативности поведения и развитости воображения. При достаточно высокой значимости таких связей коэффициенты корреляции были, как правило, невысоки (обычно менее 0.2). Результаты дисперсионного анализа показали, что для упомянутых выше подгрупп испытуемых (с увеличением, уменьшением СМ  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов и разнонаправленными изменениями этих показателей в полушариях) характерны достоверные или приближающиеся к таковым межгрупповые различия ряда средних значений психологических характеристик, установленных согласно указанным вопросникам. Обсуждаются возможные механизмы модуляции низкочастотных компонентов ЭЭГ в условиях реакции активации и связи таких изменений с психологическими особенностями личности.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** реакция ЭЭГ-активации, состояние покоя с открытыми и закрытыми глазами, спектральная мощность, коэффициент реактивности, дельта-ритм, тета-ритм, психологические вопросники.

### ВВЕДЕНИЕ

Реакция ЭЭГ-активации является широкоизвестным ЭЭГ-феноменом. Начиная со времени ее описания Бергером в 1929 г. она подвергалась (и продолжает подвергаться) интенсивным исследова-

ниям [1–8]. Наиболее очевидное проявление этой реакции – депрессия (угнетение, блокада) ЭЭГ-колебаний  $\alpha$ -диапазона после открывания глаз, а также в условиях действия других внешних раздражителей или/и умственного напряжения [1]. Внимание большинства исследователей различных аспектов реакции ЭЭГ-активации было сконцентрировано именно на соответствующей модуляции  $\alpha$ -ритма [2]. Что же касается тех изменений,

<sup>1</sup> Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь (АР Крым, Украина).  
Эл. почта: psyphysiol\_lab@ukr.net (И. Н. Конарева).

которым в ходе реакции активации подвергаются низкочастотные («медленные») ритмы ЭЭГ –  $\theta$ - и  $\delta$ -активность, – то данный аспект привлекал неизмеримо меньшее внимание исследователей и специально упоминался лишь в немногих публикациях [3–5].

Очевидно, что открывание глаз сопровождается существенной реорганизацией деятельности мозга, обусловленной прежде всего усилением влияний, которые поступают по зрительным сенсорным входам. Если в состоянии с закрытыми глазами доминируют эффекты, связанные с деятельностью соматической, слуховой и вестибулярной сенсорных систем, а также церебральной системы внутреннего представления (воображения), то после открывания глаз ведущая роль переходит к зрительной системе, системе внешнего внимания и когнитивным системам [6]. Таким образом, в условиях реакции ЭЭГ-активации происходит существенное перераспределение влияний внутримозговых систем, которые в значительной степени детерминируют многие показатели психологической сферы личности. При этом, однако, связям особенностей реакции ЭЭГ-активации с психологическими характеристиками личности были посвящены лишь единичные исследования. В данном плане можно, в частности, упомянуть сообщения о корреляциях оценок психотизма с реактивностью колебаний ряда ЭЭГ-диапазонов [7], а также о связи реактивности ритмов ЭЭГ с уровнем тревожности [8].

Таким образом, сведения о связях реактивности различных компонентов ЭЭГ-активности с психологическими характеристиками личности в настоящее время весьма ограничены. Поэтому мы старались уточнить и расширить такие сведения, используя по возможности широкий набор соответствующих психологических тест-систем (вопросников); особое внимание мы в данном случае обратили на реактивность низкочастотных компонентов ЭЭГ – аспект, который, как упоминалось выше, сам по себе пока исследован явно недостаточно.

## МЕТОДИКА

В исследовании приняли участие 118 взрослых добровольцев-испытуемых (возраст 19–35 лет, обоюбого пола, правши). Группа формировалась без какого-либо предварительного отбора по тем или иным психологическим характеристикам.

Отведение и анализ ЭЭГ осуществляли по общепринятой методике с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа, интерфейса и компьютера; ЭЭГ регистрировали в состоянии покоя (спокойного бодрствования) вначале с закрытыми, а затем с открытыми глазами. ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно от точек С3 и С4 (по международной системе «10–20»), что соответствует проекциям центральных областей ассоциативной коры. Считается, что в этих участках в той или иной степени представлены все частотные компоненты ЭЭГ, причем анализ ЭЭГ, отводимой от данных локусов, позволяет адекватно выявить тип доминирующего ЭЭГ-ритма [9]. Верхняя граница полосы частот усилительного тракта соответствовала 70 Гц, постоянная времени, определяющая нижнюю границу, – 0.3 с. Сигналы обрабатывали с применением быстрого преобразования Фурье.

Учитывали следующие частотные диапазоны и поддиапазоны ЭЭГ: 1–4 ( $\delta$ -ритм), 4–8 ( $\theta$ -ритм), 8–14 ( $\alpha$ -ритм), 14–25 ( $\beta_1$ -ритм), 25–30 ( $\beta_2$ -ритм) и 30–50 ( $\gamma$ -ритм) Гц [10]. Следует отметить, что указанные частотные границы для классификации диапазонов ЭЭГ достаточно условны [11]. В течение одного опыта записывали отрезки ЭЭГ, позволяющие получить 40 спектров мощности для отведений от левого и правого полушарий (по 20 фрагментов с закрытыми и открытыми глазами для последующего усреднения). Эпоха анализа для построения каждого спектра составляла 2.56 с. Измеряли средние величины спектральной мощности (СМ,  $\text{мкВ}^2/\text{Гц}$ ) в пределах каждого из упомянутых частотных диапазонов.

Рассчитывали значения дифференциального коэффициента реактивности (ДКР) в условиях реакции ЭЭГ-активации для каждого из указанных частотных компонентов, вычисляя разность между СМ данного ритма при открытых (о) и закрытых (з) глазах и нормируя полученное значение разности относительно СМ при закрытых глазах:

$$\frac{\text{СМ}_o - \text{СМ}_з}{\text{СМ}_з} \cdot 100\%.$$

Очевидно, что вычисление ДКР дает несколько более наглядное представление о модуляции того или иного ритма ЭЭГ в условиях реакции ЭЭГ-активации, чем простой расчет отношения СМ при открытых и закрытых глазах [12]. В условиях типичной реакции ЭЭГ-активации ДКР  $\alpha$ -ритма у подавляющей части испытуемых должны быть отри-

цательными.

Психологическое тестирование проводили, используя следующие вопросники: RTS Стреляу, EPQ Айзенка, ОСТ Русалова и 16 PF Кэттела. Числовые данные, полученные в ходе нейрофизиологического исследования, и показатели психологического тестирования количественно обрабатывали с применением стандартных методов вариационной статистики. Для выявления взаимосвязей регистрируемых параметров рассчитывали коэффициенты ранговой корреляции ( $r$ ) Спирмена. Межгрупповые сравнения проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Открытие глаз сопровождалось подавлением ЭЭГ-колебаний  $\alpha$ -диапазона почти у всех испытуемых. У ряда из них отрицательные значения ДКР  $\alpha$ -компонента были близки к  $-90\%$ , т. е. открытие глаз у них приводило к падению СМ  $\alpha$ -колебаний более чем на порядок. Некоторое повышение СМ  $\alpha$ -ритма в ходе реакции активации (не более чем на  $20\%$ ) в обоих полушариях отмечалось лишь у трех испытуемых. Значительное большинство членов обследованной группы характеризовались значениями ДКР  $\alpha$ -активности от  $-40$  до  $-80\%$  (табл. 1; рис. 1, А, Б). Таким образом, группа в целом продемонстрировала достаточно типичный паттерн реакции ЭЭГ-активации.

Усредненные и предельные значения показателей реактивности медленноволновых компонентов ЭЭГ ( $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов) в пределах всей исследованной группы представлены в табл. 1. Как видно,

открытие глаз сопровождалось в среднем по группе заметным (почти на треть) повышением СМ-колебаний  $\delta$ -ритма и не очень значительным (на  $11$ – $12\%$ ) снижением мощности  $\theta$ -компонента ЭЭГ. Вместе с тем обращает на себя внимание весьма высокая интериндивидуальная вариабельность значений ДКР. Так, у некоторых испытуемых открытие глаз приводило к снижению СМ  $\delta$ -колебаний более чем вдвое, тогда как у других членов исследованной группы мощность этого наиболее низкочастотного компонента ЭЭГ повышалась в данных условиях в  $2.4$ – $2.7$  раза. Что же касается  $\theta$ -ритма, то реакция ЭЭГ-активации у ряда испытуемых сопровождалась падением СМ указанного компонента в четыре-пять раз, в то время как у других мощность  $\theta$ -колебаний возрастала на  $66$ – $68\%$  (табл. 1).

Столь значительное разнообразие характера изменения СМ  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов в ходе реакции активации в пределах общей исследованной группы обусловило необходимость разделения последней на подгруппы. У значительного большинства испытуемых ( $79$  человек из  $118$ , подгруппа 1) СМ  $\delta$ -колебаний, отводимых от обоих полушарий, при открытии глаз заметно повышалась (в среднем на  $60\%$ ), тогда как у  $29$  человек (подгруппа 2) данный показатель в этих условиях падал (в среднем на  $26$ – $28\%$ ). У  $11$  же испытуемых (подгруппа 3) изменения мощности  $\delta$ -ритма в ходе реакции активации в левом и правом полушариях были противоположными, причем усредненные значения ДКР оставались положительными (табл. 2).

Ситуация в отношении СМ  $\theta$ -колебаний была в определенной мере сходной – общая группа распалась на выраженные неравночисленные подгруп-

**Т а б л и ц а 1.** Средние и предельные значения дифференциального коэффициента реактивности (ДКР) частотных диапазонов ЭЭГ покоя в условиях открытия глаз

**Т а б л и ц я 1.** Середні і граничні значення диференціального коефіцієнта реактивності (ДКР) частотних діапазонів ЕЕГ спокою в умовах розплющення очей

Ритмы ЭЭГ, сторона отведения	Среднее значение ДКР $\pm$ $\pm$ ошибка среднего, %	Минимум, %	Максимум, %
$\delta_s$	$+32.80 \pm 5.87$	$-56.18$	$+247.46$
$\delta_d$	$+32.58 \pm 5.96$	$-61.51$	$+271.70$
$\theta_s$	$-11.20 \pm 2.71$	$-82.90$	$+66.12$
$\theta_d$	$-11.84 \pm 2.73$	$-79.86$	$+68.30$
$\alpha_s$	$-55.38 \pm 2.13$	$-92.76$	$+19.50$
$\alpha_d$	$-56.85 \pm 2.20$	$-92.99$	$+19.33$

П р и м е ч а н и е. Индексами “s” и “d” указаны потенциалы, зарегистрированные в условиях отведения слева и справа соответственно.

**Т а б л и ц а 2. Средние значения дифференциального коэффициента реактивности (ДКР) в подгруппах испытуемых, выделенных согласно особенностям реакции ЭЭГ-активации при открывании глаз****Т а б л и ц я 2. Середні значення диференціального коефіцієнта реактивності (ДКР) в підгрупах випробуваних, виділених згідно з особливостями реакції ЕЕГ-активації при розплющенні очей**

Ритмы ЭЭГ, сторона отведения	Подгруппы					
	1		2		3	
$\delta_s$	+60.21 ± 6.70	<i>n</i> = 79	-27.81 ± 3.10	<i>n</i> = 29	+0.61 ± 4.67	<i>n</i> = 10
$\delta_d$	+60.15 ± 7.26		-25.99 ± 3.05		+2.03 ± 3.06	
$\theta_s$	+24.01 ± 2.99	<i>n</i> = 36	-28.69 ± 1.97	<i>n</i> = 75	+0.20 ± 3.33	<i>n</i> = 7
$\theta_d$	+23.27 ± 2.93		-29.06 ± 2.09		-2.81 ± 3.82	
$\alpha_s$	+19.10 ± 0.40	<i>n</i> = 3	-58.12 ± 1.82	<i>n</i> = 113	-0.93 ± 5.65	<i>n</i> = 2
$\alpha_d$	+17.80 ± 1.53		-59.73 ± 1.87		+3.15 ± 1.94	

Пр и м е ч а н и я. Спектральная мощность соответствующего ритма при открывании глаз в подгруппе 1 повышалась, в подгруппе 2 снижалась в обоих полушариях, а в подгруппе 3 этот показатель в левом и правом полушариях изменялся разнонаправленно. Приведены средние значения ДКР ± ошибка среднего (%), а также количество испытуемых *n* в соответствующих подгруппах.

пы, однако знаки изменений соответствующего показателя в подобных подгруппах были обратными. Положительными (в среднем около 23–24 %) ДКР  $\theta$ -колебаний, отводимых от обоих полушарий, были у 36 человек (подгруппа 1), тогда как у большинства (75 испытуемых) эти коэффициенты оказались отрицательными (подгруппа 2, усредненное значение около -29 %). У семи человек подгруппы 3 СМ  $\theta$ -ритма в разных полушариях при открывании глаз изменялась разнонаправленно: в левом полушарии обычно она несколько повышалась, а в правом – снижалась (табл. 2).

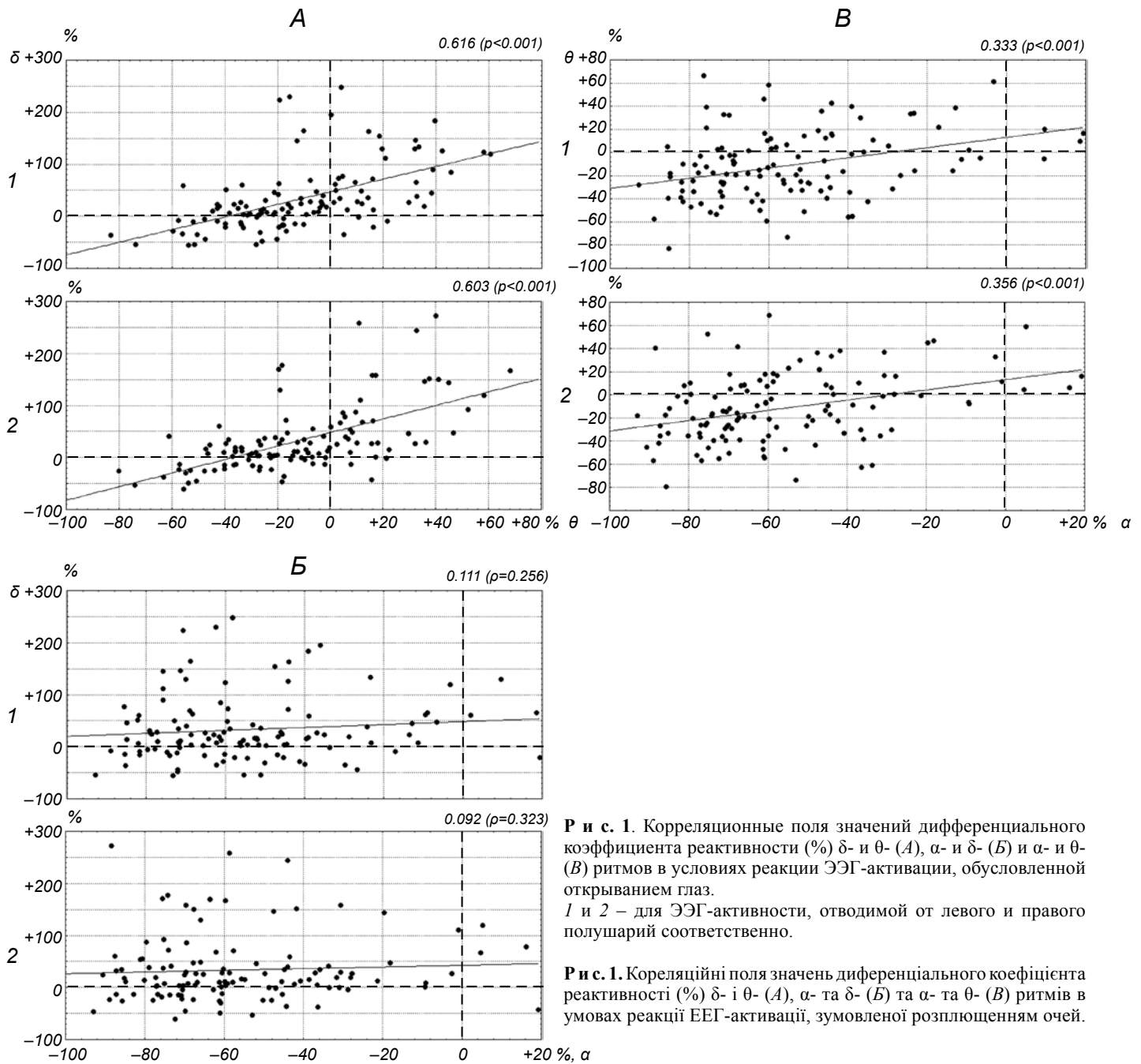
В пределах всей исследованной группы значения ДКР различных ритмов ЭЭГ, отводимых от левого и правого полушарий, демонстрировали весьма жесткую взаимную корреляцию. Для  $\delta$ -,  $\theta$ - и  $\alpha$ -активности соответствующие значения *r* равнялись 0.894, 0.936 и 0.933 (*P* < 0.001 во всех случаях).

Показатели реактивности  $\alpha$ - и  $\delta$ -ритмов у конкретных испытуемых были практически не связаны между собой. Коэффициенты корреляции (*r*) значений ДКР этих компонентов ЭЭГ, рассчитанные для исследованной группы в целом, равнялись 0.111 (*r* = 0.236) и 0.092 (*r* = 0.323) для левого и правого полушарий соответственно. В отличие от этого величины ДКР  $\alpha$ - и  $\theta$ -активности демонстрировали достаточно существенную положительную корреляцию: значения *r* для левого и правого полушарий составляли 0.333 и 0.356 (*r* < 0.001 в обоих случаях). Показатели реактивности  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов в условиях ЭЭГ-активации также проявляли положительную взаимосвязь, причем коэффициенты корреляции были еще более высокими (для лево-

го и правого полушарий *r* = 0.616 и 0.603 соответственно, *p* < 0.001) (рис. 1, А–В). Таким образом, у многих испытуемых проявлялась достаточно выраженная тенденция к параллельной депрессии колебаний  $\theta$ - и  $\alpha$ -диапазонов при открывании глаз. В то же время  $\delta$ -компонент модулировался независимо от  $\alpha$ -ритма. Направленность же изменений  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов в условиях реакции ЭЭГ-активации часто была сходной (СМ этих компонентов ЭЭГ у того или иного испытуемого при открывании глаз либо параллельно возрастали, либо также параллельно снижались).

Для выявления связей между значениями ДКР ритмов ЭЭГ и оценками психологических характеристик личности мы вычисляли коэффициенты ранговой корреляции между соответствующими показателями, по Спирмену. Количество случаев, в которых упомянутые коэффициенты корреляции в пределах всей исследованной группы были значимыми, оказалось относительно ограниченным. Подобная ситуация, скорее всего, обусловлена существованием более сложных, чем линейные, связей между исследованными показателями. Это предположение в общем подтвердилось при рассмотрении данных, полученных в ходе дисперсионного анализа (вычисления критерия Фишера для трех указанных ранее подгрупп с разным характером модуляции  $\delta$ - и  $\theta$ -активности в условиях реакции активации).

В группе в целом обнаружилась отрицательная корреляция значений ДКР СМ  $\delta$ -ритма в левом полушарии с показателем по шкале «психотизм» (*r* = -0.192 при *p* = 0.042) вопросника Айзенка. Следовательно, проявляется следующая тенденция: в

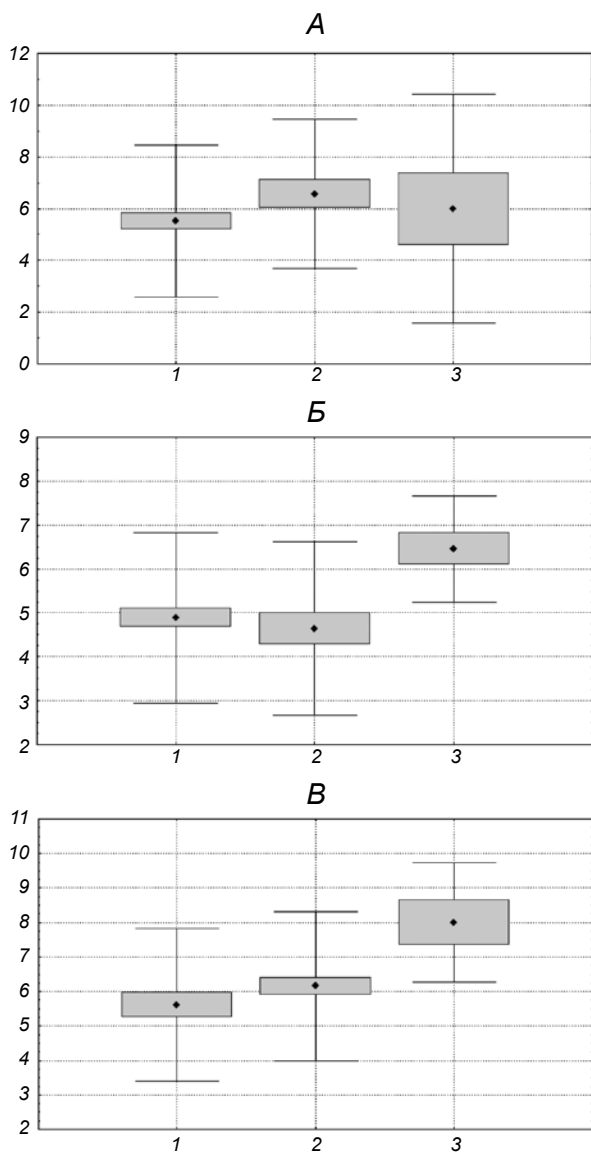


**Р и с. 1.** Корреляционные поля значений дифференциального коэффициента реактивности (%)  $\delta$ - и  $\theta$ - (A),  $\alpha$ - и  $\delta$ - (B) и  $\alpha$ - и  $\theta$ - (B) ритмов в условиях реакции ЭЭГ-активации, обусловленной открыванием глаз. 1 и 2 – для ЭЭГ-активности, отводимой от левого и правого полушарий соответственно.

**Р и с. 1.** Кореляційні поля значень диференціального коефіцієнта реактивності (%)  $\delta$ - і  $\theta$ - (A),  $\alpha$ - та  $\delta$ - (B) та  $\alpha$ - та  $\theta$ - (B) ритмів в умовах реакції ЕЕГ-активації, зумовленої розплющенням очей.

случаях низких показателей по шкале «психотизм» СМ  $\delta$ -ритма при открывании глаз чаще возрастает. В нашем исследовании усредненные значения оценки показателя «психотизм» были минимальными (в среднем 5.52 балла) в подгруппе с повышающейся в ходе реакции ЭЭГ-активации СМ  $\delta$ -ритма по сравнению с 6.57 балла у испытуемых со снижением СМ данного низкочастотного компонента (рис. 1). Достоверную или близкую к таковой от-

рицательную корреляцию с показателем реактивности  $\delta$ -ритма также продемонстрировали оценки по шкалам «социальная эргичность» ( $r = -0.196$  при  $p = 0.036$  в левом и  $r = -0.185$  при  $p = 0.052$  в правом полушарии) и «предметная пластичность» ( $r = -0.227$  при  $p = 0.015$  в левом полушарии) впросника Русалова. Средние значения оценок по шкале «социальная эргичность» составили 7.60 балла в подгруппе 1 (с возрастанием СМ  $\delta$ -ритма) и 8.21



**Р и с. 2.** Диаграммы средних оценок уровня психотизма, по вопроснику Айзенка (А), и уровней тревожности (Б) и экстраверсии (В), по вопроснику Кэттела, в трех подгруппах испытуемых (1–3) с различным характером модуляции  $\delta$ - (А, Б) и  $\theta$ - (В) ритмов в условиях реакции ЭЭГ-активации, обусловленной открыванием глаз.

Спектральная мощность упомянутых ритмов увеличивалась (1), уменьшалась (2) и испытывала разнонаправленные изменения в левом и правом полушариях (3). Черными ромбами обозначены средние значения оценок, заштрихованными прямоугольниками – диапазоны ошибок среднего; показаны также диапазоны среднеквадратических отклонений.

**Р и с. 2.** Діаграми середніх оцінок рівня психотизму, за опитувальником Айзенка (А), і рівнів тривожності (Б) та екстраверсії (В), за опитувальником Кеттела, у трьох підгрупах випробуваних (1–3) з різним характером модуляції  $\delta$ - (А, Б) і  $\theta$ - (В) ритмів в умовах реакції ЕЕГ-активації, зумовленої розплющенням очей.

балла в подгруппе 2 (с падением этого показателя), а по шкале «предметная пластичность» – 6.19 и 7.00 баллов соответственно. Таким образом, у индивидов с меньшей социальной активностью и незначительной потребностью в социальных контактах, избегающих смены форм поведения, СМ  $\delta$ -ритма при открывании глаз чаще проявляла тенденцию к увеличению. Также была найдена отрицательная корреляция ДКР  $\delta$ -ритма с оценками по фактору Е «доминирование» ( $r = -0.216$  при  $p = 0.022$  в левом полушарии) вопросника Кэттела; наибольший показатель доминантности (6.93 стена) отмечался в подгруппе 2 с уменьшающейся СМ  $\delta$ -ритма в ходе реакции ЭЭГ-активации.

Корреляция коэффициента реактивности  $\delta$ -ритма в левом и правом полушариях с оценкой фактора G «степень моральной ответственности, нормативность поведения» вопросника Кэттела была в пределах всей группы положительной ( $r = 0.218$  и  $0.193$ ,  $p = 0.020$  и  $0.040$  соответственно). Высокие оценки по фактору G характеризуют человека как сознательного, упорного, следующего общепринятым нормам морали. Этот показатель составлял в среднем 5.59 стена в подгруппе 1 с возрастающей СМ  $\delta$ -ритма и лишь 4.11 стена (минимум) в подгруппе 2 с уменьшающейся СМ данного ритма при открывании глаз.

Необходимо также отметить наличие в пределах всей группы достоверной отрицательной корреляции реактивности  $\delta$ -ритма с оценкой экстравертированности субъекта по вопроснику Айзенка (для левого полушария  $r = -0.198$  при  $p = 0.035$ ). Таким образом, обнаруживается тенденция к повышению СМ  $\delta$ -колебаний в условиях реакции активации у менее экстравертированных (14.51 балла) и уменьшению этого показателя у более экстравертированных (15.86 балла) лиц.

Дисперсионный анализ показал наличие достоверных различий оценок по факторам вопросника Кэттела в подгруппах, выделенных соответственно знаку реактивности  $\delta$ -ритма: G – «степень моральной ответственности, нормативность поведения» ( $F = 3.758$  при  $p = 0.026$ ), Н – «смелость, пармия» ( $F = 5.923$  при  $p = 0.004$ ), М – «развитость воображения» ( $F = 4.208$  при  $p = 0.017$ ) и по фактору второго порядка Q2 «тревожность» ( $F = 3.849$  при  $p = 0.024$ ). Индивиды, имеющие средние оценки по упомянутым факторам 5.59, 5.59, 6.89 и 4.89 стена соответственно, обычно демонстрировали увеличение СМ  $\delta$ -ритма в обоих полушариях. У лиц же с наиболее низкими оценками по факторам G (4.11),

М (5.57) и низким уровнем тревожности (4.64), а также несколько большей оценкой по фактору Н (5.64) СМ  $\delta$ -ритма в ходе реакции ЭЭГ-активации снижалась в обоих полушариях. Упомянутые подгруппы характеризовались также значительными различиями оценок по шкалам других вопросников («подвижность нервных процессов», «нейротизм», «социальная эмоциональность»). Испытуемые, для которых было типично повышение СМ  $\delta$ -ритма, имели в целом промежуточные показатели по этим шкалам (58.36, 13.40 и 6.62 балла соответственно). Для подгруппы лиц со снижением СМ  $\delta$ -ритма при реакции активации были получены следующие средние значения данных показателей: 61.78, 12.07 и 6.07 балла.

Видимо, следует также отметить следующие факты при сравнении подгрупп в тех случаях, когда межгрупповые различия не достигали критических значений, но были близки к этому. Подгруппа 1 (с повышением СМ  $\delta$ -ритма) демонстрировала минимальную оценку уровня психотизма (5.52), по Айзенку, и максимальную оценку по фактору  $Q_1$  «радикализм, психологическая гибкость» (6.01) вопросника Кэттела. В то же время подгруппа 2 (с противоположной тенденцией) отличалась максимальной оценкой по фактору А «общительность» (7.04), а также минимальными уровнями нейротизма (12.07), по Айзенку, и социальной эмоциональности (6.07), по Русалову.

Необходимо особо подчеркнуть то обстоятельство, что наибольшее количество экстремальных оценок психологических характеристик наблюдались в подгруппе 3 с разнонаправленными изменениями СМ  $\delta$ -ритма в противоположных полушариях. Эта подгруппа характеризовалась максимальными значениями по факторам G (5.64) и М (7.27) и высокой средней оценкой тревожности (6.45 по сравнению с 4.89 и 4.64 в двух остальных подгруппах), а также наибольшими средними уровнями нейротизма (15.90), по Айзенку, предметной и социальной эмоциональности (7.55 и 8.09), по Русалову, напряженности, фрустрированности (5.82), по Кэттелу. В то же время оценки подвижности нервных процессов (51.80), по Стреляу, экстравертированности, по Айзенку и Кэттелу (13.30 и 4.82), а также фактора А «открытость» (5.18), по Кэттелу, были в данной подгруппе минимальными.

Показатели реактивности СМ  $\theta$ -ритма при открывании глаз в пределах всей группы значимо коррелировали со следующими психологическими оценками: «социальная эргичность» ( $r = -0.182$

при  $p = 0.050$  для левого и  $r = -0.184$  при  $p = 0.049$  для правого полушария) по вопроснику Русалова, а также фактором М «развитость воображения» ( $r = 0.182$  при  $p = 0.050$  для правого полушария), Q3 «сенситивность» ( $r = -0.182$  при  $p = 0.050$  для левого и  $r = -0.203$  при  $p = 0.030$  для правого полушарий) и уровнем экстраверсии ( $r = -0.204$  и  $-0.252$  при  $p = 0.030$  и  $0.007$  для этих полушарий соответственно) по вопроснику Кэттела. Для уровня экстраверсии по вопроснику Айзенка  $r$  равнялся  $-0.190$  при  $p = 0.043$  для правого полушария. Были весьма близки к значимому уровню негативные корреляции СМ  $\theta$ -ритма в правом полушарии с оценками по факторам Е «доминантность» ( $r = -0.179$  при  $p = 0.055$ ) и F «экспрессивность, беспечность» ( $r = -0.176$  при  $p = 0.059$ ). Следовательно, у лиц с низкими оценками по вышеназванным шкалам (кроме фактора М) была очевидной тенденция к увеличению СМ  $\theta$ -ритма при открывании глаз. Подгруппа испытуемых с возрастающей в условиях ЭЭГ-активации СМ  $\theta$ -ритма отличалась относительно низкими оценками социальной эргичности (в среднем 7.42), экспрессивности (5.11) и сенситивности (4.14), а также большей развитостью воображения (7.08), что обычно связывают с некоторой рассеянностью и «богемностью». Подгруппа 2 испытуемых с убывающей СМ  $\theta$ -ритма характеризовалась минимальной средней оценкой уровня нейротизма (12.80) и относительно повышенной экстравертированностью, по Кэттелу (6.15 по сравнению с 5.61 в подгруппе 1).

Достоверные различия (соответственно результатам анализа ANOVA) оценок психологических показателей в подгруппах, выделенных соответственно реактивности СМ  $\theta$ -ритма, были обнаружены по оценкам фактора  $Q_2$  «самодостаточность» ( $F = 5.047$  при  $p = 0.008$ ) и уровня экстраверсии ( $F = 3.642$  при  $p = 0.029$ ) по вопроснику Кэттела (рис. 2). У лиц со средними оценками по этим факторам (5.15 и 6.15 стана) обычно происходило уменьшение СМ  $\theta$ -ритма при открывании глаз, а у испытуемых с большими значениями по фактору  $Q_2$  (5.75) и меньшими оценками по фактору «экстраверсия» (5.61) СМ данного компонента возрастала. Приближающиеся к уровню статистической значимости различия наблюдались также в выраженности таких психологических показателей, как оценки по факторам F «беспечность, экспрессивность», М «развитость воображения»,  $Q_1$  «радикализм» и  $Q_4$  «доминирование». Члены подгруппы со средними показателями по этим факторам обычно

демонстрировали уменьшение СМ  $\theta$ -ритма в ходе реакции активации. По остальным вопросам заметные различия отмечались между оценками в подгруппах по шкалам «сила процессов торможения» и «подвижность нервных процессов».

Очевидно, при рассмотрении особенностей реактивности  $\theta$ -ритма заслуживает внимания ситуация, в значительной степени аналогичная наблюдаемой в отношении  $\delta$ -ритма. В подгруппе 3 (с противоположными знаками ДКР  $\theta$ -компонента в разных полушариях) количество экстремальных оценок психологических характеристик было наибольшим по сравнению с тем, что наблюдалось в остальных двух подгруппах. Оценки силы процесса возбуждения, подвижности нервных процессов, предметной пластичности, развитости воображения, радикализма (психологической гибкости), доминантности (фактор Q4) и самодостаточности в подгруппе 3 были минимальными, тогда как оценки степени экстраверсии (и по Айзенку, и по Кэттелу), открытости, экспрессивности – максимальными среди всех подгрупп.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Перед обсуждением наших результатов коснемся некоторых предполагаемых общих физиологических механизмов, лежащих в основе реактивности ритмов ЭЭГ. Адекватное функционирование головного мозга в норме, естественно, предполагает возможность и необходимость быстрых переходов от одного функционального состояния к другому. При этом воздействие любого внешнего или внутреннего раздражителя модулирует в той или иной степени частотную композицию ЭЭГ. Как уже упоминалось, изменения ЭЭГ в результате усиления влияний, поступающих по зрительным, слуховым и соматосенсорным входам, а также под воздействием когнитивных нагрузок разного рода рассматриваются как реакции ЭЭГ-активации. В случае усиления внешних экстероцептивных влияний такие реакции многими авторами интерпретируются как существенные корреляты поведенческой ориентировочной реакции. Наиболее простым и известным, «классическим», случаем реакции активации является модуляция ритмов ЭЭГ в результате открывания глаз.

Особая роль в формировании корковой ритмики принадлежит ретикулярной формации (РФ) ствола мозга. Активирующее воздействие РФ средне-

го мозга и нижнестебельных структур в целом проявляется как десинхронизация указанной ритмики (снижение амплитуды и, соответственно, мощности доминирующего  $\alpha$ -ритма и некоторое повышение выраженности колебаний высоких частот). Усиление же влияний со стороны таламуса и нижних отделов моста сопровождается синхронизацией корковой ритмики (прежде всего, повышением амплитуды среднечастотных ЭЭГ-осцилляций, т. е.  $\alpha$ -ритма, и группированием их в виде веретен). Таким образом, то или иное функциональное состояние коры в значительной мере определяется балансом синхронизирующих и десинхронизирующих влияний субкортикальных структур. Необходимо учесть, что последние, в том числе и РФ, подвергаются «обратным» регуляции и контролю со стороны коры [13]. Как подчеркивалось выше, в исследованиях реакции ЭЭГ-активации основное внимание традиционно уделялось изменениям  $\alpha$ -,  $\beta$ - и, частично,  $\theta$ -частот ЭЭГ при разных когнитивных нагрузках. Соответствующая же модуляция низкочастотных ЭЭГ-ритмов (особенно  $\delta$ -активности) в пробе «закрывание/открывание глаз» пока изучена в неизмеримо меньшей степени.

Следует отметить, что общепринятые представления относительного генеза наиболее низкочастотного компонента ЭЭГ –  $\delta$ -ритма – пока не сформированы. В ранних работах, касающихся этого вопроса (1960-е годы),  $\delta$ -волны пытались рассматривать как отражение медленных изменений поляризации пирамидных клеток коры (Гутман и ряд других исследователей). Ройтбак в 1969 г. высказывал предположение об аналогии  $\delta$ -волн с длительными отрицательными потенциалами, инициируемыми прямым раздражением коры, и допускал участие нейроглии в их генезе. Уже тогда Гасто и соавт. высказывалось мнение, что  $\delta$ -активность не является неким «внекортикальным» феноменом, поскольку она заметно различается в условиях разных физиологических и патологических состояний мозга [11].

Общеизвестно, что  $\delta$ -ритм существенно представлен в ЭЭГ в пределах определенных фаз сна, а также при ряде поражений кортикальных отделов мозга. Максимальная амплитуда  $\delta$ -осцилляций регистрируется на границе церебральной опухоли или острого травматического очага [1]. Медленные волны (главным образом значительный  $\delta$ -ритм) появляются при ряде цереброваскулярных расстройств, атрофических изменениях ткани мозга, гипоксии, гипогликемии, гипотериозе, забо-



леваниях почек и печени. Высокая выраженность диффузных медленных волн ЭЭГ может быть обусловлена возрастанием внутричерепного давления, хореей Хантингтона, различными интоксикациями, инфекционными поражениями ЦНС и т. д. Периодические эпилептиморфные разряды с наличием  $\delta$ -колебаний наблюдаются при болезнях Якоба–Кройцфельда и Альцгеймера, гипоксическом ишемическом инсульте, абдуральных кровоизлияниях [14].

Генерацию диффузных полиморфных медленных колебаний связывают с выраженной в той или иной степени неадекватностью функционирования внутрикорковых и корково-подкорковых связей, обусловленной в раннем онтогенезе морфофункциональной незрелостью коры, а во взрослом состоянии – низким уровнем афферентного притока от неспецифических десинхронизирующих структур ствола мозга (прежде всего РФ). Снижение интенсивности синаптических возбуждающих влияний в структурах таламуса и торможение таламо-кортикальных нейронов приводят к переходу от доминирования  $\alpha$ -веретен к синхронизированным медленноволновым колебаниям [15].

Вопрос о представленности  $\delta$ -ритма в ЭЭГ здорового бодрствующего человека продолжает оставаться в определенной мере дискуссионным. Некоторые авторы считают, что у здоровых взрослых людей  $\delta$ -ритм в состоянии бодрствования обычно не регистрируется [16], и только у некоторых индивидуумов в составе ЭЭГ обнаруживается небольшое число отдельных  $\delta$ -волн с частотой порядка 3 Гц и амплитудой не более 20 мкВ. Наличие существенного  $\delta$ -ритма в значительной мере связано с возрастом испытуемых. Сообщалось, что  $\delta$ -компонент может быть хорошо выражен у детей и подростков (до 17 лет) и очень редко встречается после 25 лет, при этом почти всегда наблюдается на фоне высокоамплитудного  $\alpha$ -ритма в затылочной области [11]. Однако значительное число авторов считают, что в ЭЭГ здорового человека  $\delta$ -ритм может наблюдаться и во время сна, и во время бодрствования, но в последнем случае его амплитуда в норме обычно невысока [1].

Представленность  $\delta$ -ритма часто связывают с определенным снижением уровня функциональной активности мозга и скорости психических процессов. Однако в последнее время появляются свидетельства совершенно иного рода. Так, рост СМ  $\delta$ -ритма связывают с повышенным напряжением, готовностью к адекватной реакции на определен-

ные стимулы и торможением восприятия нерелевантных воздействий, а также с формированием установки на когнитивную деятельность [17]. Необходимо отметить, что в наших собственных исследованиях [12], как и в работах многих других авторов [1], достаточно хорошо выраженный  $\delta$ -ритм в составе ЭЭГ, регистрируемой в состоянии функционального покоя, наблюдался у большинства здоровых взрослых испытуемых.

Следует учитывать, что осцилляции  $\delta$ -частоты могут (во всяком случае частично) иметь внекортикальное происхождение. Их связывают с движениями глаз, и некоторые исследователи считают  $\delta$ -компонент фактически результатом наложения электроокулограммы (ЭОГ) на ЭЭГ. Известно, что существует положительная корреляция СМ  $\delta$ -ритма с интенсивностью движений глаз (например, в ситуациях чтения или просмотра телепередач) [18]. Рядом исследователей принимались специальные меры для дифференциации возможного вклада ЭОГ в ЭЭГ [19]. Мы старались ограничить влияние движений глаз на результаты регистрации ЭЭГ на основе соответствующей тест-инструкции (при открывании глаз стараться не моргать и фиксировать взгляд в направлении прямо перед собой).

В отличие от  $\delta$ -активности квалификация  $\theta$ -ритма как постоянного «нормального» компонента ЭЭГ не вызывает сомнений. Генез неокортикального  $\theta$ -ритма (4–8 Гц) в значительной степени связывают с генерацией соответствующих ритмических колебаний в гиппокампе в результате суммации в его нейронных сетях постсинаптических потенциалов, инициируемых ритмическими  $\theta$ -разрядами нейронов септума [20, 21]. Считается, что в генерации  $\theta$ -ритма активное участие принимают ГАМК-эргические тормозные интернейроны [22]. К настоящему времени накоплен значительный объем сведений о модуляции  $\theta$ -активности под влиянием различных фармакологических агентов; имеются убедительные свидетельства того, что на  $\theta$ -активность в коре эффективно воздействуют катехоламинергические стволые системы [21, 23].

Высказано мнение [24], что генерация низкочастотных компонентов ЭЭГ ( $\delta$ - и  $\theta$ -активности) не может быть удовлетворительно интерпретирована на основе представлений о прямой суммации ВПСР в кортикальных нейронах; в то же время характеристики высокочастотных компонентов этой моделью объясняются. Возникновение низкочастотных колебаний в составе ЭЭГ, вероятно, обусловлено медленными изменениями мембранного потен-

циала кортикальных клеток, в частности связанными со следовыми процессами после активации последних. Таким образом, низкочастотная ЭЭГ-активность имеет особое отношение к процессам регулирования уровней мембранного потенциала в клетках коры и (в определенном смысле) отражает качество такой регуляции. Отмечается, что такие представления находят подтверждение в результатах компьютерного моделирования.

Результаты и нашего исследования, и работ других авторов [3, 4, 8, 25] свидетельствуют о том, что реакция ЭЭГ-активации при открывании глаз не ограничивается основным наиболее выраженным феноменом – депрессией  $\alpha$ -ритма. В данном случае низкочастотные ( $\delta$ - и  $\theta$ -) компоненты ЭЭГ у значительного большинства испытуемых также подвергаются существенной модуляции. Паттерн этой модуляции, однако, отличается от изменений  $\alpha$ -активности значительной гетерогенностью. В условиях упомянутой реакции СМ  $\delta$ -ритма у двух третей тестированных обследованной группы возрастала (причем у некоторых – весьма значительно), а у четверти – снижалась.  $\theta$ -Активность у различных испытуемых также могла либо усиливаться, либо ослабляться, но количественный состав соответствующих подгрупп был почти обратным – данный компонент ЭЭГ в ходе реакции активации примерно вдвое чаще испытывал подавление (т. е. изменялся подобно  $\alpha$ -ритму). При этом небольшие (включающие в себя менее 10 % испытуемых), но хорошо выраженные подгруппы составляли лица, у которых открывание глаз сопровождалось противоположными по направленности изменениями СМ  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов в разных полушариях мозга.

В пределах всей исследованной группы выявлялись достоверные корреляционные связи характера реактивности  $\delta$ -ритма с рядом психологических характеристик испытуемых. Значения ДКР обнаруживали негативные связи с оценками уровня психотизма и экстраверсии (по Айзенку), социальной эргичности и предметной пластичности (по Русалову), доминирования (по Кэттелу). Подобные связи были более характерны для реактивности  $\delta$ -колебаний в левом полушарии. Таким образом, некоторая тенденция к десинхронизации  $\delta$ -активности проявлялась у лиц с высокими оценками указанных черт, тогда как у испытуемых с низкими оценками следовало ожидать увеличения СМ соответствующих колебаний при открывании глаз. Положительная корреляция ДКР  $\delta$ -ритма (причем в обоих полушариях) наблюдалась с оценками фак-

тора G «нормативность поведения», по Кэттелу.

Сопоставимые связи отмечались в ряде случаев и у реактивности  $\theta$ -ритма. Последняя выявляла значимые отрицательные корреляции с оценками социальной эргичности, по Русалову, уровнями экстраверсии (причем по опросникам и Айзенка, и Кэттела) и оценками сенситивности, по Кэттелу. Связи с оценками указанных психологических характеристик были более выражены у реактивности  $\theta$ -ритма в правом полушарии.

Необходимо подчеркнуть, что упомянутые выше корреляции реактивности низкочастотных компонентов ЭЭГ, определяемые для обследованной группы в целом, были хотя и достоверными, но относительно слабыми. Значения  $r$  по модулю лишь в единичных случаях превышали 0.2. Уже упоминалось, что это, скорее всего, было связано с нелинейностью рассматриваемых зависимостей. Результаты дисперсионного анализа в общем подтвердили такое предположение. Выделенные подгруппы испытуемых (с повышением СМ  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов при открывании глаз, понижением этих мощностей и с разнонаправленными их изменениями в левом и правом полушариях) в ряде случаев либо обнаруживали достоверные различия оценок, полученных при психологическом тестировании, либо такие различия приближались к уровню достоверности (соответствующие значения  $p$  лишь незначительно превышали 0.05). Таким образом, анализ связей реактивности низкочастотных ритмов ЭЭГ с оценками психологических характеристик с учетом не «общих» корреляций, а средних оценок в выделенных подгруппах испытуемых, вероятно, является более адекватным.

Подгруппу 1 испытуемых с увеличивающейся в ходе реакции активации СМ  $\delta$ -ритма (тенденцией к синхронизации этих колебаний) формировали лица с минимальными, по сравнению с наблюдаемыми в других подгруппах, оценками уровня психотизма (при умеренных уровнях нейротизма), наибольшими значениями радикализма (гибкости поведения) и близкими к максимальным оценкам нормативности поведения и смелости. В то же время подгруппа 2 (лица с понижением СМ  $\delta$ -ритма) характеризовалась минимальными оценками нейротизма при низкой нормативности поведения, ограниченной силе воображения (мечтательность, аутизм), а также низкими уровнями тревожности. Одновременно в этой подгруппе 2 отмечались максимальные оценки социальной эргичности, пластичности и уровня психотизма. Лица же с экстремально низ-

кими усредненными оценками интегральной возбудимости ЦНС, подвижности нервных процессов, общительности (открытости) и смелости при максимальной интравертированности, тревожности и фрустрированности отличались разнонаправленностью сдвигов СМ  $\delta$ -ритма в разных полушариях в условиях открывания глаз.

Как уже упоминалось выше, повышение интенсивности  $\delta$ -компонента в составе ЭЭГ (если это не обусловлено явной патологией или состоянием сна) связывают с готовностью к адекватному реагированию на определенные стимулы. Отмечалось возрастание СМ  $\delta$ -ритма в лобной коре при получении инструкции, настраивающей на деятельность определенного рода [17]. Увеличение представленности  $\delta$ -компонента наблюдалось в ходе эффективной переработки визуальной информации [26]. Видимо, изменения СМ  $\delta$ -ритма в подгруппе 1 (с повышением этого показателя) сопоставимы с перечисленными выше тенденциями. Кроме того, вероятно, следует заметить, что лица с возрастанием СМ  $\delta$ -компонента после открывания глаз отличались относительно низкими усредненными оценками эргичности, пластичности и темпа в социальной сфере, по опроснику Русалова. Отмеченные особенности психологических характеристик у испытуемых подгрупп 1 и 2 в целом сопоставимы с представлениями о том, что в процессе реакции ЭЭГ-активации осуществляется переход от превалирования внутреннего плана церебральной активности к доминированию внешнего плана такой активности.

Следует учесть, что лица с аномально повышенным  $\delta$ -ритмом часто демонстрируют ряд нейровегетативных симптомов (они могут страдать головокружением, головными болями, нарушениями сна и др.). Одновременно они имеют повышенные оценки по шкалам истеричности, ипохондрии, психастеничности и параноидальных тенденций согласно вопроснику ММРІ (Миннесотский многопрофильный личностный опросник) [27]. В нашу обследованную группу не входили испытуемые с явными проявлениями указанных отклонений, но не исключено, что лица с очень высокими положительными значениями ДКР  $\delta$ -ритма (порядка 200 % и более) заслуживают усиленного внимания в данном аспекте. Возможно, аналогичное замечание можно высказать и в отношении испытуемых подгруппы 3, с противоположными знаками ДКР в

разных полушариях, поскольку они, как уже указывалось, отличаются повышенными оценками тревожности и фрустрированности.

Подгруппа 1, в которой СМ  $\theta$ -компонента в ходе реакции активации повышалась, отличалась минимальными усредненными уровнями психотизма, экспрессивности (сургенции) и относительно низким уровнем самоконтроля. Одновременно у членов этой группы наблюдались высокие оценки развитости воображения и повышенные уровни радикализма (гибкости поведения) и нонконформизма. Испытуемые же с депрессией  $\theta$ -колебаний при открывании глаз характеризовались относительно высокой экстравертированностью (по двум опросникам – и Айзенка и Кэттела), повышенной эмоциональной устойчивостью и сравнительно низким уровнем нейротизма. Увеличение СМ  $\theta$ -ритма, наблюдавшееся примерно у четверти наших испытуемых, может быть связано с общим повышением уровня внимания и переориентацией последнего от внутреннего произвольного предваряющего к внешне ориентированному [4, 28]. Такое усиление  $\theta$ -реактивности обнаруживалось в условиях зрительной фиксации и восприятия визуальных стимулов [28, 29]. В условиях наших тестов мы не предъявляли испытуемым конкретных зрительных стимулов, но открывание глаз само по себе, видимо, частично индуцировало подобные эффекты. Мы наблюдали в некоторой степени выраженную обратную связь показателей реактивности  $\theta$ -ритма с оценками испытуемых по шкале «социальная эргичность» (иначе говоря, у лиц с относительно слабой социальной активностью проявляется тенденция к возрастанию СМ  $\theta$ -ритма в ходе реакции активации, и наоборот). Косвенно согласуются с этим наблюдением данные о том, что более высоким значениям темпераментной активности, согласно опроснику Русалова, соответствуют меньшие СМ  $\theta$ -ритма, а коррелятами высоких значений упомянутого показателя являются повышенные эмоциональная чувствительность и тревожность [30].

Усиление колебаний  $\theta$ -диапазона многими связывается с интенсификацией когнитивных процессов, а также мотивационно-эмоциональным возбуждением. Поэтому повышение СМ данного ритма у лиц с относительно высокими оценками уровня нейротизма, развитости воображения (аутии) и радикализма в общем согласуется с подобными

представлениями. С другой стороны, подавление  $\theta$ -активности у испытуемых с высокими уровнем экстраверсии и оценкой темпа, казалось бы, таким представлениям несколько противоречит. При этом лица с десинхронизацией  $\theta$ -колебаний (т. е. изменениями, параллельными таковым у  $\alpha$ -активности) составляли большинство исследованной группы. Ряд авторов объясняют десинхронизацию  $\theta$ -ритма активными попытками испытуемых заблокировать механизмы внимания и когнитивного анализа при усилении поступления внешней аверсивной информации (попытками вернуть когнитивную стратегию от наружного фокуса внимания к внутреннему). Этот феномен может обуславливаться тормозными эффектами в процессе обработки информации с участием кортико-гиппокампальных связей [31].

Подгруппа испытуемых с разнонаправленными показателями реактивности  $\theta$ -ритма в противоположных полушариях, как и в случае  $\delta$ -ритма, отличалась обилием экстремальных – и минимальных, и максимальных – оценок ряда психологических характеристик. При этом и « $\theta$ »- и « $\delta$ »-подгруппы характеризовались сходными оценками уровней тревожности и подвижности нервных процессов. В то же время усредненные оценки уровней открытости (общительности), экстраверсии и степени развития воображения в данных подгруппах были противоположными. Таким образом, испытуемые, у которых показатели реактивности  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов в разных полушариях были противоположными, демонстрировали некоторое сходство ряда психологических характеристик, но это сходство было лишь частичным; в других аспектах в указанных подгруппах обнаруживались заметные различия.

Наблюдаемую межполушарную асимметрию реактивности низкочастотных компонентов ЭЭГ, видимо, следует частично связать с тем обстоятельством, что в механизмы синхронизации/десинхронизации различных ритмов вовлекаются регуляторные системы разного уровня – преимущественно дизэнцефальные для правого полушария и более «каудальные» стволовые – для левого [32].

Очевидно, следует еще раз подчеркнуть то обстоятельство, что переход от состояния с закрытыми глазами к состоянию с открытыми глазами не сопровождается некими генерализованными общекортикальными изменениями и  $\alpha$ -ритма, и соседствующих более низко- ( $\theta$ -) и высокочастотных ( $\beta$ -)

диапазонов, как об этом сообщали некоторые авторы [3, 4]. Если реактивность  $\alpha$ -компонента ЭЭГ при этом достаточно равномерна, то изменения  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмов у различных испытуемых гетерогенны и специфичны. Соответствующие подгруппы с различной реактивностью данных ЭЭГ-диапазонов состоят из лиц, существенно различающихся по ряду психологических характеристик. Вероятно, подобные различия могут быть в значительной степени связаны со спецификой нейрохимических характеристик определенных церебральных нейронных систем.

В заключение отметим, что индивидуумы, у которых реакция ЭЭГ-активации при открывании глаз сопровождалось увеличением СМ медленноволновых ритмов ЭЭГ, по-видимому, отличались в целом несколько усиленной активацией гипоталамо-амигдало-септо-гиппокампальных структур и более слабыми десинхронизирующими влияниями со стороны стволовых ретикулярных ядер. В противоположность этому лица, у которых в данных условиях происходило подавление названных ритмов, возможно, характеризовались усиленными тормозными влияниями коры на стволовые структуры. Результаты нашей работы еще раз подтверждают то обстоятельство, что особенности паттерна ЭЭГ-феноменов вообще и реакции ЭЭГ-активации в частности, отражая специфику внутрикорковых и корково-подкорковых взаимоотношений, в существенной степени являются коррелятами нейродинамики психологических свойств человека.

*И. М. Конарева<sup>1</sup>*

#### МОДУЛЯЦІЯ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ РИТМІВ ЕЕГ В УМОВАХ РЕАКЦІЇ АКТИВАЦІЇ: ЗАЛЕЖНІСТЬ ВІД ПСИХОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСОБИСТОСТІ

<sup>1</sup>Таврійський національний університет ім. В. І. Вернадського, Сімферополь (АР Крим, Україна).

#### Резюме

У групі із 118 дорослих випробуваних обох статей досліджена модуляція низькочастотних компонентів ЕЕГ ( $\delta$ - і  $\theta$ -ритмів) в умовах реакції ЕЕГ-активації, зумовленої розплющенням очей. Типові зміни  $\alpha$ -ритму (істотна депресія у переважній більшості тестованих) супроводжувалися

різноспрямованими зрушеннями спектральної потужності (СП)  $\delta$ - і  $\theta$ -компонентів у різних випробуваних. Потужність  $\delta$ -ритму в умовах реакції активації зростала у 79 людей, зменшувалась у 29, а у 10 випробуваних зміни даного показника у різних півкулях були протилежними за напрямком. Відповідні за характером реактивності  $\theta$ -ритму підгрупи включали в себе 36, 75 і сім чоловік. Значення диференціальних коефіцієнтів реактивності (ДКР)  $\delta$ - і  $\theta$ -ритмів демонстрували істотну позитивну кореляцію ( $r = 0.616$  і  $0.603$  для лівої та правої півкуль відповідно). Показники реактивності  $\alpha$ - і  $\theta$ -ритмів також корелювали між собою, хоч і слабкіше ( $r$  порядку  $0.3$ ), у той час як кореляція між значеннями ДКР  $\alpha$ - й  $\delta$ -ритмів була практично відсутньою. У межах усієї дослідженої групи були виявлені вірогідні негативні кореляції значень ДКР  $\delta$ - та  $\theta$ -активності з оцінками деяких психологічних характеристик випробуваних, визначеними з використанням опитувальників RTS Стреляя, EPQ Айзенка, ОСТ Русалова та 16 PF Кеттела (рівнів екстраверсії, психотизму, ергічності, пластичності, домінантності та низки інших). Виявлені також позитивні кореляції з мірами нормативності поведінки й самодостатності, а також розвиненості уяви. При достатньо високій значущості таких зв'язків коефіцієнти кореляції були, як правило, невисокими (звичайно менше  $0.2$ ). Результати дисперсійного аналізу показали, що для вищезгаданих підгруп випробуваних (зі збільшенням, зменшенням СП  $\delta$ - і  $\theta$ -ритмів і різноспрямованими змінами цих показників у півкулях) є характерними вірогідні або наближені до таких міжгрупові відмінності низки середніх значень оцінок психологічних характеристик, встановлених згідно із вказаними опитувальниками. Обговорюються можливі механізми модуляції низькочастотних компонентів ЕЕГ в умовах реакції активації та зв'язки таких змін з психологічними особливостями особистості.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В. И. Гусельников, *Электрофизиология головного мозга*, Высш. шк., Москва (1976).
2. В. В. Гнездицкий, *Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (квартирование и локализация источников электрической активности мозга)*, МЕДпрессинформ, Москва (2004).
3. С. Г. Данько, "Об отражении различных аспектов активации мозга в электроэнцефалограмме: что показывает количественная электроэнцефалография состояний покоя с открытыми и закрытыми глазами", *Физиология человека*, **32**, № 4, 5-17 (2006).
4. Ю. А. Бойцова, С. Г. Данько, "Изменения ЭЭГ при сравнении состояний покоя с открытыми и закрытыми глазами в условиях темноты", *Физиология человека*, **36**, № 3, 138-141 (2010).
5. E. Marx, T. Stephan, A. Nolte, et al., "Eye closure in darkness animates sensory systems," *NeuroImage*, **19**, No. 3, 924-934 (2003).
6. P. Etevenon, D. Tortrat, and C. Benkelfat, "Electroencephalographic cartography. II. By means of statistical group studies – activation by visual attention," *Neuropsychobiology*, **13**, No. 3, 141-146 (1985).
7. J. F. Golding and M. Richards, "EEG spectral analysis, visual evoked potential and photic-driving correlates of personality and memory," *Person. Individ. Differ.*, **6**, No. 1, 67-76 (1985).
8. Е. А. Левин, *Взаимосвязь системы торможения поведения с частотно-мощностными характеристиками ЭЭГ человека*, Дис. ... канд. биол. наук, Новосибирск (2008).
9. *Биопотенциалы мозга человека. Математический анализ*, под ред. В. С. Русинова, Медицина, Москва (1987).
10. Е. А. Жирмунская, В. С. Лосев, *Система описания и классификации электроэнцефалограмм человека*, Наука, Москва (1984).
11. И. С. Егорова, *Электроэнцефалография*, Медицина, Москва (1973).
12. И. Н. Конарева, *Индивидуальные особенности связанных с событием ЭЭГ-потенциалов человека*, Дис. ... канд. биол. наук, Симферополь (2001).
13. Г. Н. Болдырева, "Участие структур лимбико-диэнцефального комплекса в формировании межполушарной асимметрии ЭЭГ человека", в кн.: *Функциональная межполушарная асимметрия*, глава 25, под ред. Н. Н. Боголепова, В. Ф. Фокина, Науч. мир, Москва (2004), с. 558-577.
14. M. R. Andriola, "Role of the EEG in evaluating central nervous system dysfunction," *Geriatrics*, **33**, No. 2, 59-65 (1978).
15. Л. П. Зенков, *Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии)*, ТРТУ, Таганрог (1996).
16. *Физиология человека*, Т. 1, под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса, Мир, Москва (2005).
17. Н. С. Курова, Е. А. Черемушкин, "Спектральные характеристики ЭЭГ при усложнении контекста когнитивной деятельности", *Журн. высш. нерв. деятельности*, **56**, № 2, 211-218 (2006).
18. J. L. Walker and H. J. Kennedy, "Effects of differences in eye blink frequency during television viewing and reading on delta EEG," *Percept. Mot. Skills.*, **51**, No. 2, 446 (1980).
19. F. Ghassemi, M. H. Moradi, M. Tehrani-Doost, and V. Abootelebi, "Effects of correct and wrong answers on ERPs recorded under conditions of the Continuous Performance Test in ADHD/normal participants," *Нейрофизиология / Neurophysiology*, **42**, № 3, 255-262 (2010).
20. O. S. Vinogradova, "Expression, control and probable functional significance of the neuronal theta-rhythm," *Prog. Neurobiol.*, **45**, 523-583 (1995).
21. T. Ott, R. Malisch, S. Noguchy, and H. Rüttrich, "Physiological and functional aspects of hippocampal EEG. Synchronization," *Naturwissenschaften*, **65**, No. 5, 63-71 (1978).
22. M. Sabatino, G. Ferraro, G. Liberti, et al., "Striatal and septal influence on hippocampal theta and spikes in the cat," *Neurosci. Lett.*, **61**, Nos. 1/2, 55-59 (1985).
23. R. I. Herning, R. T. Jones, W. D. Hooker, et al., "Cocaine increases EEG beta: a replication and extension of Hans Berger's historic experiments," *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **60**, No. 6, 470-477 (1985).
24. Е. Л. Машеров, "Происхождение низкочастотной компоненты биопотенциалов мозга", в кн.: *Прикладная компьютерная электроэнцефалография*, под ред. Л. Б. Иванова, Антидот, Москва (2000), с. 256.
25. Sang Eun Chi, Chang Bum Park, Seung Lark Lim, et al., "EEG and personality dimensions: A consideration based on the brain oscillatory systems," *Person. Individ. Differ.*, **39**, No. 3, 669-681 (2005).

26. В. В. Горбунов, В. В. Сиротский, Н. В. Макаренко, “Изменение электроэнцефалограммы человека при кратковременных умственных нагрузках”, *Журн. высш. нерв. деятельности*, **28**, № 1, 41-47 (1978).
27. N. Roth and G. Sask, “Relations between slow (4 cps) EEG activity, sensor motor speed, and psychopathology,” *Int. J. Psychophysiol.*, **9**, No. 2, 121-127 (1990).
28. A. S. Gevins, G. M. Zeitlin, J. C. Doyle, et al., “EEG patterns during ‘cognitive’ tasks. II. Analysis of controlled tasks,” *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **47**, No. 6, 704-710 (1979).
29. H. W. Cole and W. J. Ray, “EEG correlates of emotional tasks related to attention demands,” *Int. J. Psychophysiol.*, **3**, No. 1, 33-41 (1985).
30. А. В. Маркина, А. Х. Пашина, Н. Б. Руманова, “Связь ритмов электроэнцефалограммы с когнитивно-личностными особенностями человека”, *Психол. журн.*, **21**, № 5, 47-55 (2000).
31. С. Babiloni, F. Babiloni, F. Carducci, and S. F. Cappa, “Human cortical responses during one-bit short-term memory. A high-resolution EEG study on delayed choice reaction time tasks,” *Clin. Neurophysiol.*, **115**, No. 1, 161-170 (2004).
32. Т. А. Доброхотова, Н. Н. Брагина, *Функциональные асимметрии и психопатология очаговых поражений мозга*, Медицина, Москва (1977).

Вниманию читателей!

В № 5 т. 42 нашего журнала в статье О.В. Власенко и соавт. “Активация нейронов медуллярных центров автономной нервной системы крыс...” на стр. 394 по техническим причинам допущена ошибка. На фрагменте А рис. 2 правильным обозначением единиц измерения по оси абсцисс является с (секунды).