

## КОГЕРЕНТНОСТЬ ЭЭГ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ИНТЕГРАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ИНТЕРНЕТ-ЗАВИСИМОСТИ И ИГРОМАНИИ

© 2022 г. З. А. Тайгибова<sup>1</sup>, А. И. Рабаданова<sup>1</sup>, \*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

\*E-mail: phisiodgu@mail.ru

Поступила в редакцию 16.01.2021 г.

После доработки 22.01.2022 г.

Принята к публикации 09.02.2022 г.

Проведен когерентный анализ электроэнцефалограммы интернет-зависимых и игроманов. Результаты исследований указывают на изменения функционального взаимодействия различных зон коры как в группе интернет-зависимых, так и игроманов. Направленность этих изменений имеет противоположный характер, выражающийся в снижении общего уровня когерентности у интернет-зависимых и в повышении — у игроманов. В ходе исследования обнаружено нарушение лобно-затылочного градиента в обеих экспериментальных группах. Увеличение межполушарной когерентности в затылочных отделах среди интернет-зависимых отмечается на фоне снижения синхронизации колебания волн во фронтальных зонах, а среди игроманов — на фоне ее повышения. Отмеченные изменения корковой нейродинамики, вероятнее всего, имеют компенсаторный характер, направленный на сохранение взаимодействия мозговых структур путем снижения функциональной активности мозга. В случае интернет-зависимости аддиктивное поведение, скорее всего, обусловлено снижением тормозного влияния со стороны коры больших полушарий на подкорковые структуры мозга, тогда как у игроманов — чрезмерной активностью лимбической системы. Полученные данные позволяют сформировать различные подходы к лечению интернет- и игровой аддикции. Так, если при избавлении от интернет-зависимости акцент должен быть сделан на повышении когерентности в префронтальной коре, то лечение игромании, напротив, должно быть направлено на снижении степени синхронизации в этих зонах.

*Ключевые слова:* нехимическая зависимость, гемблинг, интернет-зависимость, электроэнцефалограмма, когерентность.

**DOI:** 10.31857/S0131164622040129

В настоящее время аддиктивные расстройства различного характера являются одной из самых распространенных групп психических заболеваний, значительно снижающих качество жизни и адаптационные возможности организма и приводящих к потере работоспособности.

Среди таких расстройств ведущее место занимают интернет-зависимость и игромания, а чаще всего и то, и другое вместе. Если в отношении игромании более или менее все понятно, поскольку оно известно научному миру с давних времен, то с интернет-зависимостью не все столь однозначно в силу того, что этот термин возник относительно недавно и не все считают данную форму поведения аддиктивной.

Для того чтобы считаться зависимым любое поведение должно удовлетворять следующим критериям: использование Интернета или игры является самой важной деятельностью в жизни человека; увеличение времени, проводимого в

Интернете (толерантность); неприятные ощущения, возникающие, когда использование Интернета или воспроизведение видеоигры прекращено или внезапно снижается (абстинентный синдром); тенденция к повторным возвратам (рецидивы) [1].

До публикации пятого издания Диагностического и статистического руководства по психическим расстройствам (*DSM-5*) были некоторые споры о том, следует ли вводить интернет-зависимость как отдельное расстройство [2]. В результате *DSM-5* включила подтип проблемного использования Интернета в раздел 3 (“Новые меры и модели”) как область, нуждающаяся в будущих исследованиях [2].

Тем не менее, многие исследователи все еще сомневаются в патологическом характере изменений, возникающих при этих формах зависимости. Однако, несмотря на то, что Интернет в значительной степени полезен для общества, он так-

же может привести к негативным последствиям как психического (лишение сна, социальная изоляция, низкое чувство собственного достоинства, тревожные расстройства и др.), так и физического характера [3, 4].

Актуальность этой проблемы очевидна в силу неуклонного увеличения количества интернет-зависимых и игроманов. В результате проведенных во многих странах исследований было установлено, что наиболее распространены такие расстройства среди молодежи и составляет от 0.7 до 11% [5–7]. Официальная отечественная статистика по вопросам интернет- и игровой зависимости находится на стадии формирования. По данным опросов Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ), процент россиян, пользующихся Интернетом, постоянно увеличивается. Так, в октябре 2010 г. их доля составляла 47%, в 2011 г. – уже 53%, в 2012 г. – 61% [8].

Учитывая симптомы и распространенность этого явления, возникает необходимость изучения его неврологических основ.

За последние 20 лет число публикаций в области интернет-зависимости и игромании значительно увеличилось [9–19]. Однако большинство из них посвящено рассмотрению психологических, социальных и юридических аспектов данной проблемы и совсем малочисленны исследования, раскрывающие нейрофизиологическую сторону данного вопроса.

Между тем, исследуя аддиктивные формы поведения, многие ученые сходятся во мнении, что в основе возникновения нехимических и химических аддикций лежат одни и те же механизмы, связанные с изменениями в работе головного мозга [20–23]. Эти изменения могут отражаться в показаниях электроэнцефалограммы (ЭЭГ). В литературе достаточно полно освещены современные ЭЭГ-исследования химических форм зависимости [24, 25]. Работы, касающиеся изучения изменений электрической активности мозга при нехимических формах аддикций, не столь многочисленны и крайне противоречивы. В предыдущих наших исследованиях при выявлении характерных паттернов ЭЭГ у лиц с нехимической аддикцией было установлено смещение ЭЭГ в сторону высокоамплитудных волн при игровой зависимости и в сторону низкоамплитудных – при интернет-зависимости [26]. Однако на практике могут выявляться значительные вариации амплитудного параметра. В этой связи важно включение метода, при котором исключается зависимость от амплитуды биопотенциалов головного мозга, в частности, когерентного анализа.

Анализ ЭЭГ когерентности позволяет оценить степень линейной взаимосвязи или синхронизацию между различными областями мозга. Функция когерентности показывает в двух сигналах

долю (от 0 до 1) общего для них сигнала на данной частоте. В значительной степени наличие большей или меньшей доли общего сигнала на некоторой частоте проявляется в большем или меньшем постоянстве фазового сдвига между частотными компонентами на этой частоте (синусоидальными колебаниями этой частоты).

Поскольку электрическая активность мозга тесно связана с его деятельностью, то когерентность, в определенной мере указывает на совместную, скоординированную работу двух областей. Степень координации функционирования двух областей может быть высокой при низкой вовлеченности; и наоборот – степень вовлеченности каждой из областей может быть высокой при отсутствии координации между ними. Такие изменения часто наблюдаются при различных психических расстройствах [27–29]. И то, и другое сопровождается нарушением функционального состояния мозга, поскольку не может обеспечить нормальное взаимодействие мозговых структур.

В рассмотренной нами литературе отсутствуют исследования, связанные с изучением синхронности колебаний волн ЭЭГ в различных зонах мозга при каких-либо формах нехимической зависимости. Имеющиеся на данный момент публикации связаны с использованием когерентного анализа ЭЭГ для выявления особенностей интегративной деятельности мозга при шизофрении [30, 31]; различных форм неврозов и расстройств, связанных со стрессом [32], депрессиями [33] и тревожностью [34, 35]. Этими и другими исследованиями доказано, что функциональная и структурная взаимосвязь различных областей коры может выступать в качестве объективного нейрофизиологического показателя, способствующего разграничению различных форм расстройств.

В этой связи актуальным представляется исследование степени согласованности электрической активности в разных областях мозга при нехимической зависимости (интернет-зависимости и игромании). Данная работа посвящена когерентному анализу ЭЭГ и выявлению отличительных особенностей корковой нейродинамики в зависимости от характера аддиктивного поведения.

## МЕТОДИКА

Исследования проводили на базе психофизиологической лаборатории кафедры психологии развития и профессиональной деятельности Дагестанского государственного университета (г. Махачкала). В исследовании принимали участие 77 чел., в возрасте от 18 до 25 лет (средний возраст  $21.5 \pm 4.0$  года).

Для выявления интернет-зависимости использовали тест *Kimberly Young* [36], который

включал 40 вопросов. Ответ на каждый из вопросов теста оценивали по 5-бальной шкале: никогда или крайне редко — 1 балл, иногда — 2 балла, регулярно — 3 балла, часто — 4 балла и постоянно — 5 баллов. Принадлежность к группе интернет-зависимых определяли в случае набора респондентами более 80 баллов.

Гемблеры были выявлены с помощью теста “Канадский показатель проблемного гемблинга”, который включал 9 пунктов, оцениваемых по 4-бальной шкале. Высокое количество набранных баллов свидетельствовало о зависимости от азартных игр [37].

По результатам тестирования испытуемые были разделены на три группы: 1) условно здоровые испытуемые без явных патологических форм зависимости (30 чел.); 2) испытуемые с игровой зависимостью (проблемные гемблеры) (22 чел.); 3) испытуемые с интернет-зависимостью (25 чел.). Стаж игровой и интернет-зависимости составлял 3–5 лет.

Для проведения стационарных ЭЭГ-исследований использовали электроэнцефалограф-анализатор ЭЭГА-21/26 “Энцефалан-131-03” (Россия). Регистрацию ЭЭГ проводили по международной системе “10-20”, в 16 симметричных отведениях правого и левого полушарий ( $Fp_1, Fp_2, F_3, F_4, F_8, F_7, C_3, C_4, T_3, T_4, P_3, P_4, T_5, T_6, O_1, O_2$ ), монополярно с объединенным ушным электродом, в полосе частот 1–35 Гц. Неполяризующиеся активные электроды фиксировали на голове испытуемого с помощью специального шлема из резиновых трубок, с соблюдением симметричности и равенства межэлектродных расстояний, согласно системе “10-20”. Референтные электроды фиксировали на мочке уха. Заземляющий (нейтральный) электрод для выравнивания потенциалов пациента и усилителя устанавливали на лбу. ЭЭГ регистрировали в положении пациента сидя, с закрытыми глазами, в состоянии пассивного бодрствования.

Для анализа были выделены безартефактные фрагменты ЭЭГ в виде эпох. Анализировали 8–10 эпох общей продолжительностью 40–50 с.

Последующий анализ отрезков ЭЭГ, которые предварительно очищены от артефактов, проводили с вычислением функций когерентности. Оценивали спектры когерентностей потенциалов межполушарных ( $Fp_1-Fp_2, F_3-F_4, F_7-F_8, C_3-C_4, P_3-P_4, T_3-T_4, T_5-T_6, O_1-O_2$ ) и внутриволновых ( $Fp_1-T_3, Fp_2-T_4, Fp_1-C_3, Fp_2-C_4, T_3-O_1, T_4-O_2, C_3-O_1, C_4-O_2$ ) симметричных пар отведений. Коэффициент когерентности (КК) вычисляли как среднее арифметическое значение когерентности спектральных компонентов как во всем диапазоне частот (0–30 Гц), так и в отдельно взятых диапазонах:  $\delta$ -,  $\theta$ -,  $\alpha$ -,  $\beta_1$ -,  $\beta_2$ -ритмов. Когерентность измеряли в значениях от 0 до +1 [38].

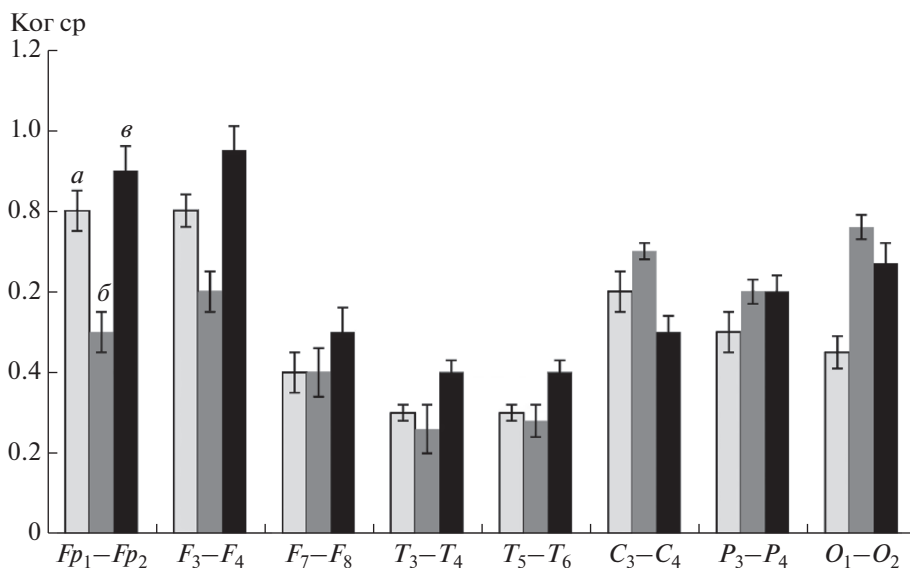
Статистическую обработку проводили при помощи программ *Microsoft Excel 2010* и *Statistica 10*. Для установления значимых факторов проводили модернизированный многофакторный дисперсионный анализ с повторениями. Межиндивидуальным фактором при этом была принадлежность к группе: контроль, игроманы, интернет-зависимые (3 уровня фактора), а внутрииндивидуальными — диапазон (4 уровня:  $\delta, \theta, \alpha, \beta$ ) и топография (8 уровней:  $Fp_1-Fp_2, F_3-F_4, F_7-F_8, T_3-T_4, C_3-C_4, P_3-P_4, T_5-T_6, O_1-O_2$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное тестирование на предмет выявления зависимости от Интернета и игр показало, что 39% опрошенных не проявляли явных патологических форм зависимости (контрольная группа), тогда как у большей части респондентов (61%) было выявлено наличие Интернет-зависимости (35%) или игромании (26%) (экспериментальная группа).

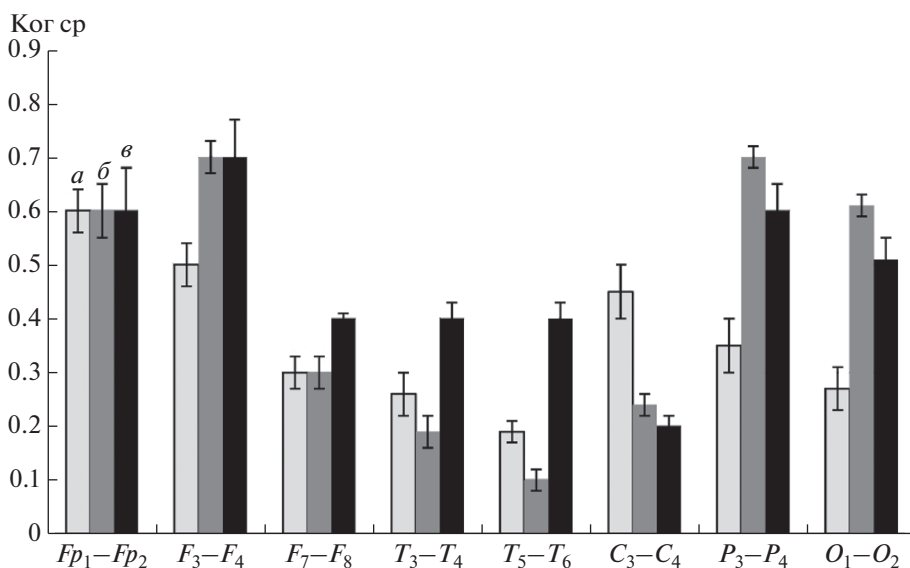
Результаты дисперсионного анализа выявили значимые эффекты для сравниваемых групп. Для  $\alpha$ -диапазона наиболее значимые эффекты отмечались в отведениях  $Fp_1-Fp_2$  ( $F(2, 27) = 191.2, p < 0.0001$ );  $F_3-F_4$  ( $F(2, 27) = 109.1; p < 0.0001$ ) и  $O_1-O_2$  ( $F(2, 27) = 159.8; p < 0.0001$ ). Для  $\delta$ -волн — в отведениях  $F_7-F_8$  ( $F(2, 27) = 168.6; p < 0.0001$ ) и  $C_3-C_4$  ( $F(2, 27) = 106.4; p < 0.0001$ ). Для  $\theta$ -диапазона волн — в отведениях  $F_7-F_8$  ( $F(2, 27) = 191.7; p < 0.0001$ );  $T_3-T_4$  ( $F(2, 27) = 363.4; p < 0.0001$ );  $C_3-C_4$  ( $F(2, 27) = 96.1; p < 0.0001$ ) и  $O_1-O_2$  ( $F(2, 27) = 172.2; p < 0.0001$ ). Для  $\beta$ -волн —  $Fp_1-Fp_2$  ( $F(2, 27) = 115.4, p < 0.0001$ ) и  $F_7-F_8$  ( $F(2, 27) = 384.1; p < 0.0005$ ).

Как показали результаты наших исследований, в контрольной группе у всех испытуемых распределение КК по корковым зонам характеризуется преобладанием высоких значений по всем диапазонам в передних отделах коры, по направлению к затылку синхронность уменьшается, соотношение лобно-затылочного градиента когерентности сохранено (рис. 1–5). Это согласуется с современными представлениями об интегративной функции лобных долей, которые находятся в сильной взаимосвязи с другими отделами мозга через длинные кортико-кортикальные ассоциативные волокна [38]. Самые высокие показатели когерентности (0.8) отмечаются по  $\alpha$ -риту между симметричными фронтальными отделами  $Fp_1-Fp_2$  ( $p < 0.0001$ ) и  $F_3-F_4$  ( $p < 0.0001$ ). Несколько ниже (0.6) ( $p < 0.0001$ ) значения когерентности в этом диапазоне частот между симметричными зонами центральных отведений  $C_3-C_4$  (рис. 1). Наиболее низкие значения когерентно-



**Рис. 1.** Зональные значения когерентности  $\alpha$ -ритма.

На графике представлены средние значения и стандартные ошибки:  $Fp_1-Fp_2$  – лобные полюсные отведения,  $F_3-F_4$  – переднелобные отведения,  $F_7-F_8$  – заднелобные отведения,  $T_3-T_4$  – височные отведения,  $C_3-C_4$  – центральные отведения,  $T_5-T_6$  – задневисочные отведения,  $P_3-P_4$  – теменные отведения,  $O_1-O_2$  – затылочные отведения. *a* – контроль, *b* – интернет-зависимые, *v* – гемблеры.



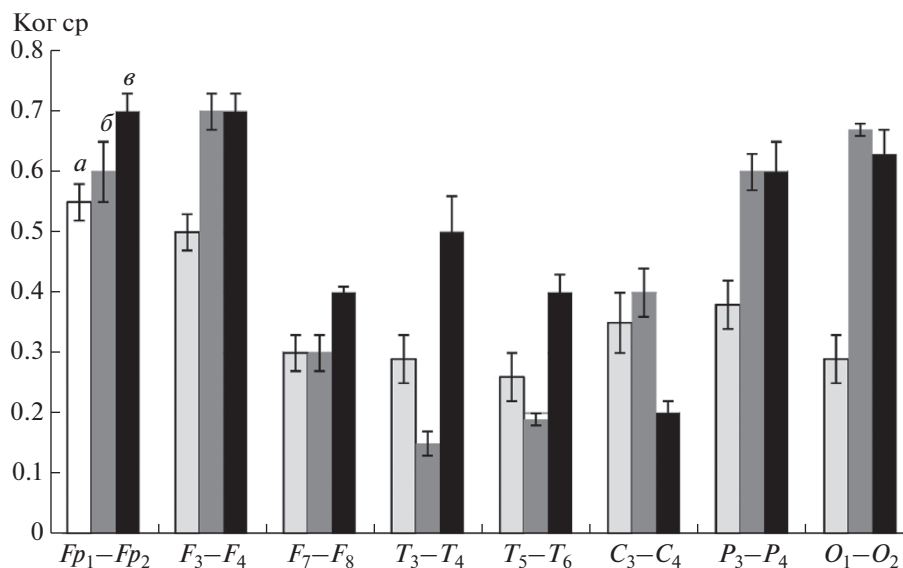
**Рис. 2.** Зональные значения когерентности  $\delta$ -ритма.

Обозначения см. рис. 1.

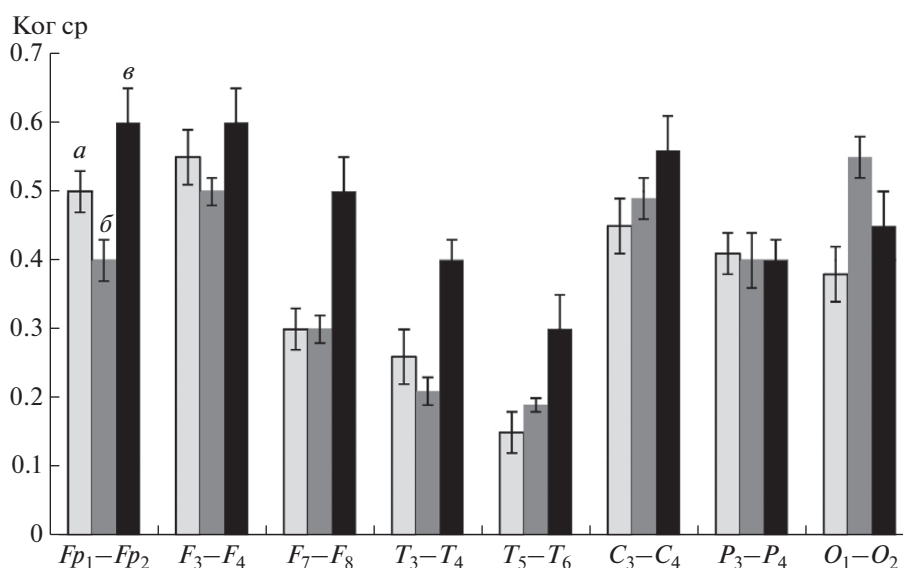
сти (0.3) для данного ритма отмечаются в височных отведениях  $T_3-T_4$  ( $p < 0.0001$ ) и  $T_5-T_6$  ( $p < 0.0001$ ).

Наименьшая синхронность колебаний в контрольной группе отмечена для  $\beta$ -ритма от пика в передних зонах неокортекса и убыванием значений когерентности по направлению к каудальным отделам мозга.

Для интернет-зависимых характерно нарушение лобно-затылочного градиента. По сравнению с контрольной группой, отмечается снижение интеграции в передних отделах коры в  $\alpha$ -диапазоне частот (рис. 1). Уменьшение синхронности отмечается в обоих полушариях в симметричных отведениях  $Fp_1-Fp_2$  (до 0.51) ( $p < 0.0001$ ) и  $F_3-F_4$  (до 0.59) ( $p < 0.0001$ ), тогда как в центральных



**Рис. 3.** Зональные значения когерентности  $\theta$ -ритма. Обозначения см. рис. 1.



**Рис. 4.** Зональные значения когерентности  $\beta_1$ -ритма. Обозначения см. рис. 1.

$C_3-C_4$ , теменных  $P_3-P_4$  и затылочных  $O_1-O_2$  отведениях КК выше и соответствует значениям 0.75 ( $p < 0.0001$ ); 0.63 ( $p < 0.0001$ ) и 0.76 ( $p < 0.0001$ ) соответственно. Сниженные показатели синхронности, в отличие от здоровых испытуемых и гемблеров, также наблюдаются в задне-лобных и височных зонах коры больших полушарий  $F_7-F_8$ ,  $T_3-T_4$ ,  $T_5-T_6$ , где КК соответствует значениям 0.39 ( $p < 0.0001$ ); 0.26 ( $p < 0.0001$ ) и 0.28 ( $p < 0.0001$ ).

Наибольшая синхронность в  $\delta$ -диапазоне частот у этой группы испытуемых отмечается в зад-

не-лобных ( $F_3-F_4$ ) и теменных ( $P_3-P_4$ ) отведениях (КК = 0.7) ( $p < 0.0001$ ). Незначительно меньше когерентность (КК = 0.6) ( $p < 0.001$ ) в передне-лобных ( $Fp_1-Fp_2$ ) и затылочных ( $O_1-O_2$ ) зонах. При этом в височных и центральных зонах когерентность колебаний данного диапазона ниже контрольной группы (рис. 2).

В отношении  $\theta$ -волн можно отметить повышение когерентности в  $F_1-F_2$  — до 0.6 ( $p < 0.0001$ );  $F_3-F_4$  — до 0.7 ( $p < 0.0001$ ),  $P_3-P_4$  — до 0.6 ( $p < 0.0001$ ) и

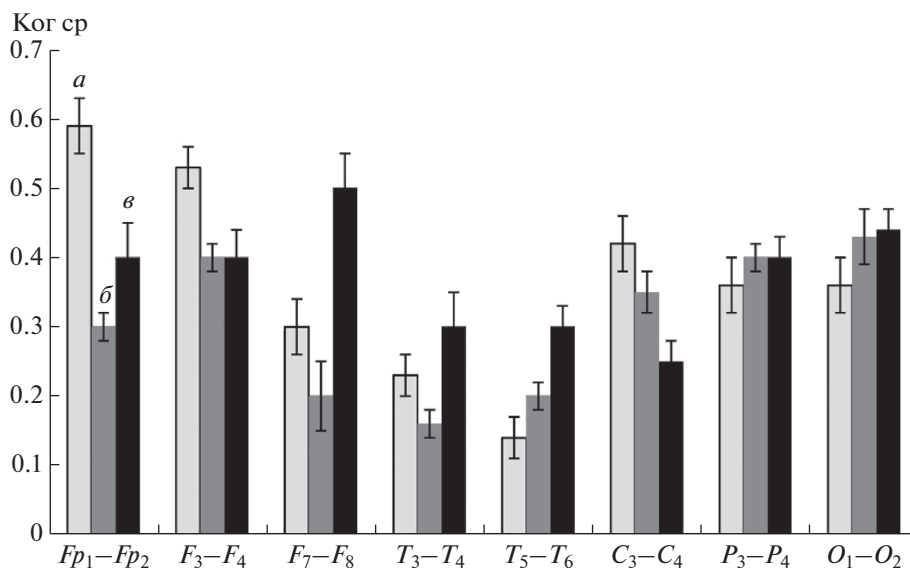


Рис. 5. Изменение когерентности  $\beta_2$ -ритма в лобно-затылочном направлении. Обозначения см. рис. 1.

$O_1-O_2$  — до 0.68 ( $p < 0.0001$ ) на фоне снижения до 0.3 ( $p < 0.001$ ) в передне-лобной области (рис. 3).

Синхронность колебаний  $\beta$ -диапазона частот у интернет-зависимых выше в затылочных отведениях (рис. 4, 5).

Следовательно, особенностью когерентности ЭЭГ интернет-зависимых является общая тенденция к ослаблению, по сравнению с контрольной группой, функциональной интеграции передних корковых зон, а также височных отделов. В то время как, показатели когерентности затылочных, теменных и центральных симметричных корковых зон имеют избыточный уровень, что может быть характерно для людей, находящихся в состоянии напряженности и раздражительности.

Сходные результаты получены другими авторами при исследовании когерентности ЭЭГ при депрессивных расстройствах [39, 40] и шизофрении [31, 41]. Авторы указывают на универсальность снижения межполушарной когерентности во фронтальных отделах коры вне зависимости от характера депрессивного расстройства, сопровождающееся большими значениями межполушарной и внутрислошарной коротко- и среднедистантной когерентности в задних отделах коры. В теменных отделах коры наблюдалось снижение межполушарной когерентности при тревожной, но повышение — при апатической депрессии.

Наблюдаемое при интернет-зависимости снижение когерентности во фронтальных отведениях, вероятно, следует интерпретировать как изменение устойчивых функциональных связей и сбой в процессах кортико-кортикальной (прежде всего, в  $\alpha$ - и  $\beta$ -диапазонах) и кортико-лимбиче-

ских (низкочастотные диапазоны) передачи информации.

Являясь передней ассоциативной зоной, лобная доля коры больших полушарий, играет ведущую роль в организации сложных форм поведения. Она рассматривается как одна из частей системы управления, которая осуществляя тормозной контроль подкорковых структур, контролирует поведение, определяет его цели, вовлечение и подавление ментальных операций, определение порядка в сложных ответных реакциях с учетом состояния организма [42]. Считается, что лобные доли головного мозга играют главную роль в процессе регулирования настроения [43].

V. Dietrich et al. [44] связывали сниженный метаболизм лобных долей с подверженностью индивидуума гипнотическому воздействию и другим необычным состояниям рассудка. Гипофронтальность отмечается также при дремоте и других полусознательных состояниях. В этом состоянии человек бодрствует, но не очень внимателен, исполнительные функции при этом могут казаться нарушенными.

Наблюдаемое в группе интернет-зависимых снижение КК между лобными корковыми зонами по всем диапазонам, кроме медленных ( $\delta$ - и  $\theta$ -) волн на фоне гиперинтеграции между затылочными областями, вероятно, вызвано перестройкой кортикальной нейродинамики. Это может быть обусловлено снижением активности филогенетически более молодых (фронтальных, передневисочных) отделов коры в условиях нарастания общемозгового неблагополучия. Анатомически более автономные затылочные структуры,

наоборот, в этих условиях проявляют гиперинтегративные изменения [45, 46]. Подобная нейропластичность позволяет мозговым структурам, в какой-то мере, сохранить общий уровень взаимодействия и на некоторое время обеспечить приемлемую, хотя и сниженную, функциональную активность в виде перехода на более медленный режим работы [46]. На это также указывает смещение модальной частоты  $\alpha$ -ритма в более низкие частотные диапазоны – 8.3 Гц [26]. Усиление низкочастотной синхронизации во фронтальной коре может отражать компенсаторный механизм когнитивной и эмоциональной регуляции, который мозг интернет-зависимых задействует в процессах социальных взаимодействий [34].

Схожая картина в виде снижения межполушарной когерентности с образованием главных узлов переработки информации в каудальных отделах левого полушария у лиц, высокая мотивация одобрения которых сопряжена с выраженной тенденцией субъективного отрицания тревоги, отмечена в работах Л.И. Афтанас [47]. Автор связывает это с усилением активации подкорковых образований в процессе реализации отрицательных эмоциональных реакций.

Ряд исследователей отмечают нарушение кортико-лимбических нисходящих влияний, связанное с дисрегуляцией активности миндалины при интернет-зависимости [48]. Лимбическая система, как известно, является главной структурой системы торможения поведения, основной функцией которой является обнаружение конфликта между текущими целями и потенциальными угрозами, связанными с достижениями этих целей.

Отмеченное в наших исследованиях повышение когерентности  $\theta$ -диапазоне частот во фронтальных, теменных и затылочных отведениях, являющегося главным ритмом лимбической системы [48, 49], может свидетельствовать о повышении роли регуляторных влияний подкорковых структур. Это согласуется с многочисленными данными, указывающими на то, что подобного рода изменения сопровождаются типичной картиной ЭЭГ – снижением когерентности  $\alpha$ - и увеличением синхронности  $\delta$ - и  $\theta$ -осцилляций [50].

Согласно предложенной Г.Г. Князевым эволюционной интерпретацией ритмов ЭЭГ  $\delta$ - и  $\theta$ -ритмы являются филогенетически более старыми и связаны с активностью структур, участвующих в мотивационных процессах и эмоциональной регуляции. А одной из функций  $\alpha$ -ритма является тормозной контроль над этими системами. В свете представлений Г.Г. Князева [51] о совместной работе  $\delta$ - и  $\alpha$ -систем при регуляции поведения, можно предположить обусловленность измененной формы поведения при интернет-зависимости изменением согласованной работы

этих систем вследствие нарушения тормозного влияния  $\alpha$ -ритма.

Анализ КК по корковым зонам у испытуемых с игровой зависимостью, выявил превалирование высоких когерентных значений во фронтальных зонах коры (рис. 1–5). КК во всех частотных диапазонах у гемблеров превышает показатели контрольной группы, наибольшие показатели наблюдаются в  $\alpha$ -диапазоне между симметричными фронтальными зонами неокортекса  $Fp_1$ - $Fp_2$  (КК = 0.91) ( $p < 0.001$ ) и  $F_3$ - $F_4$  (КК = 0.95) ( $p < 0.001$ ).

Показатели височных ( $F_7$ - $F_8$ ,  $T_3$ - $T_4$ ,  $T_5$ - $T_6$ ) и каудальных отделов коры ( $C_3$ - $C_4$ ,  $P_3$ - $P_4$ ,  $O_1$ - $O_2$ ) во всех частотных диапазонах сравнительно выше, чем в группах контроля и интернет-зависимых. Увеличение КК в симметричных височных отведениях  $T_3$ - $T_4$  и  $T_5$ - $T_6$  обычно наблюдается у людей с расстройствами, которые связаны со стрессом [52]. Сходные изменения были выявлены в ряде работ при пограничных нервно-психических расстройствах и шизофрении [53].

Для данной группы испытуемых характерно также усиление межполушарной интеграции в  $\beta_1$ - и  $\beta_2$ -диапазонах преимущественно между симметричными парами  $F_7$ - $F_8$  (КК = 0.5 и 0.4 соответственно) ( $p < 0.001$ ),  $T_3$ - $T_4$  (КК = 0.4 и 0.3 соответственно) ( $p < 0.0001$ ),  $T_5$ - $T_6$  (КК = 0.3) ( $p < 0.0001$ ), по сравнению с контрольной группой.

По данным Н.Н. Даниловой [54] для лиц с выраженным смещением фокуса синхронизированной активности к фронтальным областям коры характерна повышенная тревожность и высокий нейротизм. Это подтверждается и данными предыдущих наших исследований [26], где для проблемных гемблеров был отмечен дезорганизованный паттерн ЭЭГ с преобладанием спектральной мощности и индекса выраженности  $\alpha$ -ритма со смещением в сторону медленноволновой активности. Поскольку в головном мозге человека присутствует множество активирующих систем, участвующих в организации эмоциональных состояний можно предположить, что на фоне высокой тревожности могут формироваться специфические системы, представляющие различные комбинации ритмической активности ЭЭГ. Выявленные нами изменения когерентности ритмов ЭЭГ указывают на существенные перестройки функциональных связей мозговых структур при формировании игромании.

С другой стороны, высокий уровень интегративных процессов является нейрофизиологическим маркером высокой продуктивности обработки информации и обучаемости, творческого потенциала. В большом количестве работ когерентность в том или ином диапазоне связывается с успешностью выполнения когнитивной дея-

тельности [55]. Показано, что ошибки увеличивают когерентность между лобными и теменными отведениями, что может быть связано с дополнительным включением системы контроля деятельности [56]. В предыдущих наших исследованиях было показано повышение умственной работоспособности и усиление внимания у игроков, по сравнению с интернет-зависимыми и лицами, не страдающими какими-либо формами аддикции [57].

Существуют также работы, показывающие, что усиление когерентности не всегда коррелирует с успешным выполнением задания. Некоторые авторы [58] предполагают, что при большей автоматизации навыка когерентность между зонами мозга снижается и, таким образом, меньшая когерентность может соответствовать более успешной деятельности, требующей меньшего участия сознания.

Кроме того, за последнее десятилетие часто указывалось, что увеличение активности головного мозга и внутри- и межполушарная синхронизация фаз, особенно  $\theta$ -,  $\alpha$ - и  $\beta$ -диапазонов ЭЭГ отмечается при медитации [59, 60].

Очевидно, гиперсинхронность ЭЭГ осцилляций игроков по всем диапазонам волн обуславливает вероятность принятия рискованных решений. Отмеченные у игроков изменения, выражающиеся в повышении синхронизации  $\delta$ - и  $\theta$ -осцилляций относительно быстрой волновой активности может указывать на снижение тормозного контроля со стороны коры, сопровождающееся усилением подкоркового мотивационного драйва и потребностью в повторной игровой деятельности [61].

Таким образом, сравнительный анализ результатов исследования особенностей когерентности ЭЭГ при интернет- и игровой зависимости показал, что при обеих формах зависимого поведения наблюдается изменение межполушарной когерентности ЭЭГ во фронтальных отделах коры головного мозга в широком частотном диапазоне (от медленноволновых частот до  $\beta$ -ритма ЭЭГ). Уровень когерентности ЭЭГ в затылочных отделах коры зависит от характера расстройства: у интернет-зависимых увеличение межполушарной когерентности в затылочных отделах отмечается на фоне снижения когерентности в лобных отведениях, тогда как у игроков – на фоне повышения синхронизации колебаний волн во фронтальных зонах.

Далее был проведен внутрислошарный анализ КК между отведениями  $Fp_1-T_3$ ,  $Fp_2-T_4$ ,  $Fp_1-C_3$ ,  $Fp_2-C_4$ ,  $T_3-O_1$ ,  $T_4-O_2$ ,  $C_3-O_1$ ,  $C_4-O_2$ .

У интернет-зависимых, по сравнению с контрольной группой, в левом полушарии наблюдается более сниженный уровень КК на частоте доминирующего ритма тогда, как в правом полу-

шарии показатели выше нормы. Отмечается межполушарная асимметрия когерентных связей, о чем свидетельствует ухудшение функциональной активности левого полушария.

Гипоактивация левой фронтальной доли может являться фактором повышенной реактивности в отношении нежелательных стимулов, что, в свою очередь, может быть связано с повышенным риском формирования тревожных расстройств и депрессий [62].

Отличительной особенностью интернет-зависимых явился сниженный КК  $\theta$ -диапазона между внутрислошарными парами правого полушария  $Fp_2-T_4$  (КК = 0.2) ( $p < 0.0001$ ) и  $T_4-O_2$  (КК = 0.15) ( $p < 0.0001$ ), что может указывать на снижение функциональной активности правой височной области и преобладание депрессивных состояний у этой группы аддиктов [63].

У гемблеров отмечается существенное превышение КК в обеих гемисферах, по сравнению с контролем. В парах  $T_3-O_1$  и  $T_4-O_2$ , в отличие от контрольной группы, наблюдается повышенный уровень синхронности доминирующего ритма (КК = 0.65 и 0.61 соответственно) ( $p < 0.0001$ ), что свидетельствует об эмоциональной лабильности коры больших полушарий [64]. Известно, что затылочно-теменные области коры в большей степени ответственны за процессы избирательного внимания и зрительно-моторной координации. Полученные нами данные согласуются с литературными, показывающими, что обратная связь выигрыша или проигрыша предыдущих ставок у игроков отражается в стереотипных изменениях ЭЭГ – увеличении  $\theta$ -ритма ЭЭГ во фронтальных областях коры. Ведущую роль в оценке вероятности подкрепления, рискованности выбора играет передняя цингулярная кора, которая может быть источником последующей генерализованной активности, особенно во фронтальных областях коры в процессах детекции ошибок и при выборе стратегии поведения [65, 66].

Отмеченные в наших исследованиях увеличенные показатели КК  $\theta$ - и  $\beta$ -диапазона между внутрислошарными парами  $Fp_1-C_3$  (0.65 и 0.61 соответственно) ( $p < 0.001$ ),  $Fp_2-C_4$  (0.65 и 0.61 соответственно) ( $p < 0.001$ ) левого и правого полушария, относительно контрольной группы, свидетельствуют о тревожном состоянии аддиктов.

Таким образом, результаты наших исследований указывают на изменения функционального взаимодействия различных зон коры как в группе интернет-зависимых, так и игроков. Однако направленность этих изменений имеет противоположный характер, выражающийся в снижении общего уровня когерентности у интернет-зависимых и в повышении – у игроков. Наиболее страдают связи, вовлекающие лобные доли левого и височные отделы правого полушарий. При



этом в задних отделах независимо от формы аддикции отмечается усиление фазовой синхронии.

Литературные данные по этому вопросу противоречивы. Ряд авторов [67] указывает на то, что увеличение когерентности на частоте  $\alpha$ -ритма сопровождается некоторыми эмоциональными переживаниями (гнев, радость), в то время как другие эмоции, такие как тревога и печаль, вызывают снижение когерентности. Исходя из этого, можно заключить, что между видом аддиктивного поведения и эмоциональной окраской имеется определенная зависимость, выражающаяся в переживании тревоги и печали интернет-зависимыми и гнева и радости — игроманами.

Таким образом, выявленные корреляты мозговой активности в какой-то степени оказались противоположны для интернет-зависимости и игромании. Их можно интерпретировать так, что игромания связана с гиперактивностью лимбической системы, а интернет-зависимость — со сниженной корковой активностью. Как результат, в обеих группах аддиктивов отмечается нарушение иерархического соподчинения подкорковых структур, что выражается в измененном поведении, стимулированном необходимостью удовлетворения мотивационных потребностей.

Вероятно, в основе подобного рода изменений в корковой активности при рассмотренных аддиктивных расстройствах все же лежат компенсаторные механизмы. Если рассматривать мозг с точки зрения филогении, то генератором  $\delta$ -активности является наиболее древняя стволовая часть мозга,  $\theta$ -активность связана с лимбическими структурами, а более молодая кора участвует в генерации  $\alpha$ - и  $\beta$ -ритмов. Данные наших исследований свидетельствуют о переходе мозговой активности в сторону большей синхронизации низкочастотных ритмов в филогенетически молодой фронтальной области коры у игроманов или в сторону десинхронизации  $\alpha$ -активности в лобной доле и перераспределения акцента синхронизации в каудальные области коры при интернет-зависимости. Полученные данные позволяют предполагать, что подобная нейропластичность направлена на сохранение взаимодействия мозговых структур путем снижения функциональной активности мозга.

## ВЫВОДЫ

1. Сравнительный когерентный анализ ЭЭГ при интернет- и игровой зависимости показал, что при обеих формах зависимости поведения наблюдается изменение межполушарной когерентности ЭЭГ во фронтальных отделах коры головного мозга в широком частотном диапазоне (от медленноволновых частот до  $\beta$ -ритма ЭЭГ).

2. Уровень когерентности ЭЭГ в затылочных отделах коры зависит от характера расстройства: у интернет-зависимых увеличение межполушарной когерентности в затылочных отделах отмечается на фоне снижения когерентности в лобных отделах, тогда как у игроманов — на фоне повышения синхронизации колебаний волн во фронтальных зонах.

3. В случае интернет-зависимости аддиктивное поведение, скорее всего, обусловлено снижением тормозного влияния со стороны коры больших полушарий на подкорковые структуры мозга, тогда как у игроманов — чрезмерной активностью лимбической системы.

4. Вне зависимости от характера аддиктивного поведения акцент изменений кортикальной нейродинамики, выражающийся в снижении коэффициента когерентности, выявлен в левом полушарии, что указывает на его функциональную недостаточность при формировании зависимости.

5. Независимо от вида нехимической аддикции в затылочных областях коры обнаружены гиперинтегративные изменения, что может указывать на включение компенсаторных механизмов, направленных на сохранение взаимодействия мозговых структур путем снижения функциональной активности мозга.

6. Учитывая обнаруженное в ходе исследований нарушение лобно-затылочного градиента когерентности и его разнонаправленный характер, можно предложить разные подходы лечения интернет- и игровой зависимости. Если при лечении интернет-зависимости акцент должен быть сделан на повышении когерентности в префронтальной коре, то избавление от игромании, напротив, должно быть направлено на снижении степени синхронизации в этой зоне неокортекса.

**Этические нормы.** Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом Дагестанского государственного университета (Махачкала).

**Информационное согласие.** Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность директору психологического центра при ДГУ «ПСИ-ФАКТОР» — Арсену Набиевичу Джабраилову за оказанное содействие в проведении исследований.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Balakrishnan J., Griffiths M.D.* Social media addiction: What is the role of content in YouTube? // *J. Behav. Addict.* 2017. V. 6. № 3. P. 364.
2. *Petry N.M., O'Brien C.P.* Internet gaming disorder and the DSM-5 // *Addiction.* 2013. V. 108. № 7. P. 1186.
3. *Alhabash S., Ma M.* A tale of four platforms: Motivations and uses of Facebook, Twitter, Instagram, and Snapchat among college students? // *Social Media + Society.* 2017. V. 3. № 1. P. 1.
4. *Колесников В.Н., Мельник Ю.И., Теплова Л.И.* Интернет-активность и проблемное использование интернета в юношеском возрасте // *Нац. психол. журн.* 2019. Т. 1. № 1(33). С. 34.  
*Kolesnikov V.N., Melnik Yu.I., Teplova L.I.* Internet activity and problematic Internet use in adolescence // *National Psychol. J.* 2019. V. 1. № 1(33). P. 34.
5. *Andreassen C.S., Billieux J., Griffiths M.D. et al.* The relationship between addictive use of social media and video games and symptoms of psychiatric disorders: A large-scale cross-sectional study // *Psychol. Addict. Behav.* 2016. V. 30. № 2. P. 252.
6. *Wlachnio A., Przepiorka A., Senol-Durak E. et al.* The role of personality traits in Facebook and Internet addictions: A study on Polish, Turkish, and Ukrainian samples // *Comput. Hum. Behav.* 2017. V. 68. P. 269.
7. *Скворцова Е.С., Постникова Л.К.* Распространенность и структура занятий Интернетом среди учащихся подростков // *Вопросы наркологии.* 2015. № 4. С. 29.  
*Skvortsova E.S., Postnikova L.K.* The prevalence and structure of Internet use among adolescent students // *J. Addiction Problems.* 2015. № 4. P. 29.
8. *Рассадина Т.А.* Интернет-зависимость: информационно-коммуникативный аспект // *Общественные науки. Социология.* 2015. № 2(34). С. 98.  
*Rassadina T.A.* Internet addiction: information-communicative aspect // *Soc. Sci. Sociology.* 2015. № 2(34). P. 98.
9. *Понизовский П.А., Шмуклер А.Б.* Интернет-зависимость: клинический случай игрового расстройства // *Вопросы наркологии.* 2020. № 4(187). С. 133.  
*Ponizovsky P.A., Shmukler A.B.* Internet addiction: a case report of gaming disorder // *Journal of Addiction Problems.* 2020. № 4(187). P. 133.
10. *Гребенникова Н.В.* Характерологические особенности старших подростков, склонных к компьютерной – игровой зависимости // *Науч. труды Моск. гум. ун-та.* 2017. № 3. С. 4.
11. *Егоров А.Ю.* Нехимические зависимости: проблемы классификации и терапии / Школа В.М. Бехтерева: от истоков до современности // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 160-летию со дня рождения Владимира Михайловича Бехтерева и 110-летию Санкт-Петербургского научно-исследовательского психоневрологического института им. В.М. Бехтерева, Санкт-Петербург, 18–19 мая 2017 г.* СПб.: изд-во Альта Астра, 2017. С. 286.
12. *Малыгин В.Л., Хомерики Н.С., Меркурьева Ю.А.* Био-психо-социальная модель интернет-зависимого поведения у подростков. Факторы риска формирования и принципы терапии // *Неврологич. вестник. Журн. им. В.М. Бехтерева.* 2017. Т. 49. № 1. С. 88.  
*Malygin V.L., Khomeriki N.S., Merkurieva Yu.A.* Bio-psycho-social Model of Internet Addiction Behavior in Adolescents. Risk Factors and Principles of Therapy // *Neurological Bull.* 2017. V. 49. № 1. P. 88.
13. *Пережогин Л.О.* Интернет – зависимость в фокусе клинической психиатрии. Итоги 20 лет клинических исследований // *Образование личности.* 2017. № 3. С. 19.  
*Perezhogin L.O.* [Internet addiction with a focus on clinical psychiatry. The results of 20 years of clinical research] // *Obrazovaniye Lichnosti.* 2017. № 3. P. 19.
14. *Хилькевич С.О., Шилова О.В.* Нехимические зависимости: диагностика, лечение, профилактика: учеб.-метод. пособие для студентов 5 курса лечебного факультета и факультета по подготовке специалистов для зарубежных стран медицинских вузов. Гомель: ГомГМУ, 2017. 36 с.
15. *Balconi M.* Evidences from Rewarding System, FRN and P300 Effect in Internet-Addiction in Young People // *Brain Sci.* 2017. V. 7. № 81. P. 16.
16. *Ben-Yehuda L.* Internet Addiction by Using the Smartphone-Relationships between Internet Addiction, Frequency of Smartphone Use and the State of Mind of Male and Female Students // *J. Reward Defic. Syndr. Addict Sc.* 2016. V. 2. № 1. P. 22.
17. *Choi J.-S.* Altered brain activity during reward anticipation in pathological gambling and obsessive-compulsive disorder // *PLoS One.* 2012. V. 7. № 9. P. e45938.
18. *Кочетков Н.В.* Интернет-зависимость и зависимость от компьютерных игр в трудах отечественных психологов // *Социальная психология и общество.* 2020. Т. 11. № 1. С. 27.  
*Kochetkov N.V.* Internet addiction and dependence to computer games in the works of Russian psychologists // *Soc. Psychology and Society.* 2020. V. 11. № 1. P. 27.
19. *Durkee T., Carli V., Floderus B.* Pathological Internet Use and Risk-Behaviors among European Adolescents // *Int. J. Environ. Res. Publ. Health.* 2016. V. 13. № 3. P. 294.
20. *Егоров А.Ю.* Нейропсихология девиантного поведения. СПб.: Речь, 2006. 224 с.
21. *Солдаткин В.А., Бухановский А.О., Калмыков Е.А.* Нейровизуализационная характеристика головного мозга больных, страдающих игровой зависимостью // *Российский психиатрический журн.* 2011. № 1. С. 15.  
*Soldatkin V.A., Bukhanovsky A.O., Kalmykov E.A.* Neurovisual characteristic of brain in patients suffering from pathological gambling // *Russian J. Psychiatry.* 2011. № 1. P. 15.
22. *Marazziti D., Presta S., Baroni S.* Behavioral addictions: a novel challenge for psychopharmacology // *CNS Spectr.* 2014. V. 19. № 6. P. 486.
23. *Munno D., Saroldi M., Bechon E.* Addictive behaviors and personality traits in adolescents // *CNS Spectr.* 2016. V. 21. № 2. P. 207.
24. *Иванищкая Л.Н., Леднова М.И., Пустовая О.В.* Исследование ЭЭГ-реакций на функциональные нагрузки у лиц, злоупотребляющих алкоголем // *Ва-*

- леология. 2010. Т. 15. № 3. С. 4.  
*Ivanitskaya L.N., Lednova M.I., Pustovaya O.V.* Study of EEG responses to functional loads in persons who abuse alcohol // *J. Health and Life Sciences*. 2010. V. 15. № 3. P. 4.
25. *Padilla M., Colrain I., Sullivan E.* Electrophysiological Evidence of Enhanced Performance Monitoring in Recently Abstinent Alcoholic Men // *Psychopharmacology*. 2011. V. 213. № 1. P. 81.
26. *Рабданова А.И., Тайгибова З.А.* Характерные паттерны ЭЭГ у лиц с нехимической аддикцией // *Физиология человека*. 2020. Т. 46. № 6. С. 60.  
*Rabadanova A.I., Taigibova Z.A.* Characteristic EEG patterns in individuals with non-chemical addiction // *Human Physiology*. 2020. V. 46. № 6. P. 636.
27. *Сороко С.И., Нагорнова Ж.В., Рожков В.П., Шемякина Н.В.* Возрастные особенности ЭЭГ детей и подростков, проживающих на Европейском Севере // *Физиология человека*. 2015. Т. 41. № 5. С. 74.  
*Soroko S.I., Nagornova Zh.V., Rozhkov V.P., Shemyakina N.V.* Age-specific characteristics of EEG coherence in children and adolescents living in the European North of Russia // *Human Physiology*. 2015. V. 41. № 5. P. 517.
28. *Мельникова Т.С., Железнова Е.В.* Межполушарные связи симметричных корковых зон по данным когерентного анализа электроэнцефалограммы у женщин с эпилепсией // *Доктор.Ру*. 2018. № 1(145). С. 44.  
*Melnikova T.S., Zheleznova E.V.* Interhemispheric relations between symmetric cortex areas following the coherent analysis of EEG of a woman with epilepsy // *Doctor.Ru*. 2018. № 1(145). P. 44.
29. *Мельникова Т.С., Цукарзи Э.Э., Мосолов С.Н.* Динамика межполушарных связей симметричных корковых зон по данным когерентного анализа ЭЭГ у фармакорезистентных больных депрессивными расстройствами при лечении транскраниальной магнитной стимуляцией // *Современная терапия психических расстройств*. 2019. № 2. С. 2.  
*Melnikova T.S., Tsukarzi E.E., Mosolov S.N.* Dynamics of interhemispheric connections of symmetrical cortical zones according to EEG coherent analysis in drug-resistant patients with depressive disorders in the treatment of transcranial magnetic stimulation // *Current Therapy of Mental Disorders*. 2019. № 2. P. 2.
30. *Кичук И.В., Соловьева Н.В., Макарова Е.В. и др.* Возможности компьютерного анализа ЭЭГ для диагностики шизофрении // *Социальная и клиническая психиатрия*. 2020. Т. 30. № 3. С. 73.  
*Kichuk I.V., Solovieva N.V., Makarova E.V. et al.* [Perspectives of EEG computer analysis in diagnosis of schizophrenia] // *Sotsial'naya i Klinicheskaya Psikhatriya* [Soc. and Clinical Psychiatry]. 2020. V. 30. № 3. P. 73.
31. *Мельникова Т.С., Сторожакова Я.А., Лапин И.А. и др.* Когерентный анализ ЭЭГ при первом эпизоде и на отдаленном этапе течения параноидной шизофрении // *Социальная и клиническая психиатрия*. 2010. Т. 20. № 4. С. 39.  
*Melnikova T.S., Storozhakova Ya.A., Lapin I.A.* [EEG coherence in the first episode and at remote stage of paranoid schizophrenia] // *Sotsial'naya i Klinicheskaya Psikhatriya* [Soc. and Clinical Psychiatry]. 2010. V. 20. № 4. P. 39.
32. *Рагозинская В.Г.* Особенности спектральной мощности и когерентности ЭЭГ при психическом дистрессе // *Известия высших учебных заведений. Уральский регион*. 2019. № 4. С. 78.
33. *Варламов А.А., Стрелец В.Б.* Анализ когерентности ЭЭГ при депрессивных расстройствах: современное состояние и перспективы клинического применения // *Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова*. 2013. Т. 63. № 6. С. 613.  
*Varlamov A.A., Strelets V.B.* [EEG coherence analysis in depressive disorders and its possible use in clinical practice: a literature review] // *Zh. Vyssh. Nerv. Deiat. Im. I.P. Pavlova*. 2013. V. 63. № 6. P. 613.
34. *Кныазев Г.Г., Savostyanov A.N., Bocharov A.V., Rimareva J.M.* Anxiety, depression, and oscillatory dynamics in a social interaction model // *Brain Res*. 2016. V. 1644. P. 62.
35. *Putman P.* Resting state EEG delta–beta coherence in relation to anxiety, behavioral inhibition, and selective attentional processing of threatening stimuli // *Int. J. Psychophysiol*. 2011. V. 80. № 1. P. 63.
36. *Young K.S.* Internet addiction: The emergence of a new clinical disorder // *CyberPsychol. Behav*. 1998. V. 1. № 3. P. 237.
37. *Брюн Е.А., Бузик О.Ж., Копоров С.Г. и др.* Профилактика, лечение и реабилитация игровой зависимости: Методические рекомендации. М.: ООО “Медиа-Студия”, 2016. 44 с.
38. *Кулаичев А.П.* Метрология вычислительного анализа ЭЭГ // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2018. № 8. С. 17.
39. *Батуев А.С., Иовлева Н.Н.* Изменения спектрально-когерентных характеристик ЭЭГ в раннем послеродовом периоде у матерей с тревожно-депрессивным фоном настроения // *Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова*. 2003. Т. 53. № 6. С. 720.  
*Batuev A.S., Iovleva N.N.* [Changes in spectral coherent characteristics of EEG in the early postpartum period in mothers with anxious and depressed mood] // *Zh. Vyssh. Nerv. Deiat. Im. I.P. Pavlova*. 2003. V. 53. № 6. P. 712.
40. *Özerdem A., Güntekin B., Saatçi E. et al.* Disturbance in long distance gamma coherence in bipolar disorder // *Prog. Neuro-Psychopharmacol. Biol. Psychiatry*. 2010. V. 34. № 6. P. 861.
41. *Мельникова Т.С., Алфимова М.В.* Использование когерентного анализа ЭЭГ для выявления особенностей интегративной деятельности мозга при шизофрении // *Усп. физиол. наук*. 2013. Т. 44. № 2. С. 30.  
*Melnikova T.S., Alfimova M.V.* [Application of EEG coherence analysis to evaluation of brain integrative activity in schizophrenia] // *Usp. Fiziol. Nauk*. 2013. V. 44. № 2. P. 30.
42. *Андреева Н.Г.* Структурно-функциональная организация нервной системы: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2003. 261 с.
43. *Stuss D.T., Alexander M.P.* Executive function and the frontal lobes: a conceptual view // *Psychol. Res*. 2000. V. 63. № 3–4. P. 289.

44. Мозг. Познание. Разум: введение в когнитивные нейронауки: в двух томах / Под ред. Баарса Б., Гейдж Н., перевод 2-го англ. издания под общей ред. Проф. В. Шульговского. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019. 1019 с.  
Cognition, Brain, and Consciousness: Introduction to Cognitive Neuroscience / Eds. Baars B., Gage N. 2nd ed. USA: Academic Press, 2010. 1733 p.
45. *Иванов Л.Б.* Прикладная компьютерная электроэнцефалография. М.: Науч.-мед. фирма МБН, 2004. 345 с.
46. *Мельникова Т.С., Лапин И.А.* Когерентный анализ ЭЭГ при депрессивных расстройствах различного генеза // Соц. и клин. психиатрия. 2008. Т. 18. № 3. С. 27.  
*Melnikova T.S., Lapin I.A.* [Coherent analysis of the EEG in depressive disorders of various origins] // *Sotsial'naya i Klinicheskaya Psikhiiatriya* [Soc. and Clinical Psychiatry]. 2008. V. 18. № 3. P. 27.
47. *Афтanas Л.И.* Эмоциональное пространство человека: психофизиологический анализ. Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения РАН, 2000. 126 с.
48. *Федотова И.Р., Фролов А.А.* Организация и регуляция активации структур лимбической системы со стороны септум // Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. 2015. Т. 65. № 2. С. 139.  
*Fedotova I.R., Frolov A.A.* [Septal Activation and Control of Limbic Structures] // *Zh. Vyssh. Nerv. Deiat. Im. I.P. Pavlova*. 2015. V. 65. № 2. P. 139.
49. *Gray J.A., McNaughton N.* The Neuropsychology of anxiety: an enquiry into the functions of the septo – hippocampal system. Oxford University Press, 2000. 412 p.
50. *Левин Е.А., Савостьянов А.Н., Лазаренко Д.О., Князев Г.Г.* Роль осцилляторных систем головного мозга человека в активации и торможении двигательных реакций // Бюлл. Сибир. отд. Росс. акад. мед. наук. 2007. Т. 27. № 3. С. 64.  
*Levin E.A., Savost'yanov A.N., Lazarenko D.O., Knyazev G.G.* [Role of oscillatory systems of human brain in activation and inhibition of movements] // *Bull. Sib. Branch Russ. Acad. Med. Sci.* 2007. V. 27. № 3. P. 64.
51. *Knyazev G.G., Savostyanov A.N., Levin E.A.* Alpha oscillations as a correlate of trait anxiety // *Int. J. Psychophysiol.* 2004. V. 53. № 2. P. 147.
52. *Минзер М.Ф.* Электроэнцефалографические паттерны диагностики функциональных расстройств // Здоровье для всех. 2012. № 2. С. 13.  
*Minzer M.F.* Electroencephalographic patterns of functional disorders diagnostics // *Health for all*. 2012. № 2. P. 13.
53. *Мельникова Т.С., Лапин И.А., Саркисян В.В.* Обзор использования когерентного анализа ЭЭГ в психиатрии // Соц. и клин. психиатрия. 2009. Т. 19. № 1. С. 90.  
*Melnikova T.S., Lapin I.A., Sarkisyan V.V.* [Use of coherent EEG analysis in psychiatry] // *Sotsial'naya i Klinicheskaya Psikhiiatriya*. [Soc. and Clinical Psychiatry]. 2009. V. 19. № 1. P. 90.
54. *Данилова Н.Н.* Психофизиология. Учебник для вузов. М.: АСПЕНТ ПРЕСС, 2001. 373 с.
55. *Roux F., Uhlhaas P.J.* Working memory and neural oscillations: alpha – gamma versus theta – gamma codes for distinct WM information? // *Trends Cogn. Sci.* 2014. V. 18. № 1. P. 16.
56. *Коробейникова И.И., Каратыгин Н.А.* Пространственные характеристики высокочастотного диапазона  $\alpha$ -ритма ЭЭГ человека при когнитивной деятельности в условиях экзогенных помех // Академ. Журн. Запад. Сибири. 2019. Т. 15. № 3(80). С. 57.  
*Korobeinikova I.I., Karatygin N.A.* Spatial characteristics of human EEG high-frequency range alpha rhythm in cognitive activity in conditions of exogenous noise // *Acad. J. West Siberia*. 2019. V. 15. № 3 (80). P. 57.
57. *Рабданова А.И., Тайгибова З.А.* Влияние нехимических аддикции на когнитивные функции человека // Журн. науч. статей. Здоровье и образование в XXI в. 2018. Т. 20. № 9. С. 27.  
*Rabadanova A.I., Taigibova Z.A.* The Influence of non-chemical addictions on human cognitive functions // *J. Sci. Articles Health and Education Millennium*. 2018. V. 20. № 9. P. 27.
58. *Nichol K., Deeny S.P., Seif J.* Exercise improves cognition and hippocampal plasticity in APOE  $\epsilon$ 4 mice // *Alzheimers Dement.* 2009. V. 5. № 4. P. 287.
59. *Lutz A., Greischar L.L., Rawlings N.B.* Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2004. V. 101. № 46. P. 16369.
60. *Афтanas Л.И., Голошейкин С.А.* Динамика корковой активности в условиях измененного состояния сознания: исследование медитации с помощью ЭЭГ высокого разрешения // Физиология человека. 2003. Т. 29. № 2. С. 18.  
*Aftanas L.I., Golosheikin S.A.* Changes in cortical activity in altered states of consciousness: the study of meditation by high-resolution EEG // *Human Physiology*. 2003. V. 29. № 2. P. 143.
61. *Schutter D.J., Leitner C., Kenemans J.L., van Honk J.* Electrophysiological correlates of cortico-subcortical interaction: A cross-frequency spectral EEG analysis // *Clin. Neurophysiol.* 2006. V. 117. № 2. P. 381.
62. *Palmiero M., Piccardi L.* Frontal EEG Asymmetry of Mood: A Mini-Review // *Front. Behav. Neurosci.* 2017. V. 11. P. 224.
63. *Кичук И.В., Петрова Е.А., Митрофанов А.А. и др.* Изменения показателей электроэнцефалограммы и концентрации серотонина при депрессивных и тревожных расстройствах // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2016. Т. 8. № 3. С. 34.  
*Kichuk I.V., Petrova E.A., Mitrofanov A.A. et al.* Changes in EEG and serotonin concentration in depressive and anxiety disorders // *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2016. V. 8. № 3. P. 34.
64. *Александров М.В., Иванов Л.Б., Лытаев С.А.* Электроэнцефалография / Под ред. Александрова М.В. 2-е издание, переработанное и дополненное. СПб.: Стратегии будущего, 2019. 209 с.
65. *Муртазина Е.П., Матюлько И.С., Журавлев Б.В.* Исследования поведенческих и нейрофизиологических основ просоциальных и кооперативных взаимоотношений // Междунар. журн. приклад-

- ных и фундаментальных исследований. 2018. № 11-1. P. 188.
- Murtazina E.P., Matyulko I.S., Zhuravlev B.V.* Investigation of the behavioral and neurophysiological basis for prosocial and cooperative relationships // Intern. J. Appl. Fundam. Res. 2018. № 11-1. P. 188.
66. *Журавлев Б.В., Муртазина Е.П., Шпрингель Н.А.*, Анализ спектрально-когерентных характеристик ЭЭГ у испытуемых в условиях новизны сенсорной деятельности // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016. № 5. С. 38.
- Zhuravlev B.V., Murtazina E.P., Shpringel N.A.* Analysis of the spectral-coherent characteristics EEG in subject in the condition of novelty sensorimotor activities // J. Neurocomputers. 2016. № 5. P. 38.
67. *Fonseca M.J.* Emotions recognition using EEG signals: a survey // IEEE Transactions on Affective Computing. 2017. V. 10. № 3. P. 374.

## EEG Coherence as an Indicator of Integrative Brain Processes in Internet Addiction and Gambling

Z. A. Taigibova<sup>a</sup>, A. I. Rabadanova<sup>a</sup>, \*

<sup>a</sup>Dagestan State University, Makhachkala, Russia

\*E-mail: phisiodgu@mail.ru

Coherent analysis of EEG of Internet-dependent and gamblers was carried out. The results of studies indicate changes in the functional interaction of various cortical zones in both the group of Internet dependent and gamblers. However, the orientation of these changes is opposite, expressed in a decrease in the overall level of coherence in Internet dependents and in an increase in gamblers. During the study, a violation of the frontal-occipital gradient was found in both experimental groups. An increase in interhemispheric coherence in the occipital departments among Internet-dependent ones is noted against the background of a decrease, and among gamblers - against the background of increased synchronization of wave fluctuation in the frontal zones. The noted changes in cortical neurodynamics are most likely compensatory in nature, aimed at maintaining the interaction of brain structures by reducing the functional activity of the brain. In the case of Internet addiction, addictive behavior is most likely due to a decrease in the inhibitory effect of the cerebral cortex on the subcortical structures of the brain, while in gamblers it is due to excessive activity of the limbic system. The obtained data allow to form different approaches to treatment of Internet and game addiction. So, if when getting rid of Internet dependence, the emphasis should be on increasing coherence in the prefrontal cortex, then the treatment of gambling, on the contrary, should be aimed at reducing the degree of synchronization in these zones.

*Keywords:* non-chemical dependence, gambling, Internet dependence, electroencephalogram, coherence.