

## КОГЕРЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ЭЭГ ТУГОУХИХ ПОДРОСТКОВ

Поступила 23.03.10

Согласно данным анализа показателей когерентности частотных компонентов фоновой ЭЭГ тугоухих подростков (12–15 лет), последним присуща бóльшая пространственная упорядоченность колебаний дельта- и тета-диапазонов в разных зонах коры головного мозга по сравнению с когерентностью у нормально слышащих сверстников. Это может свидетельствовать о глубинном расположении генераторов подобной медленноволновой ЭЭГ-активности и увеличенной активности указанных генераторных структур. В альфа-диапазоне у тугоухих подростков не выявлялось четкого фокуса активности; в то же время наблюдался значительный уровень когерентности альфа-колебаний в пространственно отдаленных зонах коры. Данная особенность указывает на то, что альфа-активность также могла в значительной степени иницироваться из одного источника, расположенного в подкорковых структурах.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** тугоухость, слуховая афферентация, подростки, частотные компоненты ЭЭГ, когерентность.

### ВВЕДЕНИЕ

Слуховая система – одна из важнейших дистантных сенсорных систем человека; ее адекватное функционирование необходимо для развития у него в процессе онтогенеза языка как средства межличностного общения. Недостатки функционирования слухового анализатора в раннем возрасте усложняют развитие коммуникативных способностей у лиц с дефектами слуха и, как следствие, вызывают затруднения в ходе социализации, обучения и приобретения профессиональных качеств [1].

Поражения слухового анализатора у лиц с дефектами слуха во многих случаях практически необратимы. В связи с этим исключительно актуальна проблема разработки соответствующих методов и средств обучения и воспитания детей с подобными дефектами. Конечной целью данных мер является создание оптимальных условий для физического и психического развития лиц с дефектами слуха. Психическая сфера тугоухого человека исследована сравнительно подробно; в то же время работы, в которых функциональное состояние ЦНС детей и подростков с дефектами слуха изучалось с применением аппаратурных методик, относитель-

но немногочисленны [2]. Очевидно, что объективные данные об изменениях в системах организма, возникающих под действием указанного сенсорного дефекта, исключительно ценны для разработки адекватных методов обучения и воспитания ребенка с дефектами слуха.

Среди ряда работ, в которых исследовалось функциональное состояние головного мозга лиц с дефектами слуха, можно упомянуть следующие. У глухих учеников профессиональных школ (возраст 15–19 лет) в двух третях случаев были обнаружены достаточно отчетливые патологические изменения текущей ЭЭГ [3]. У пациентов с сенсоневральной тугоухостью шумового генеза было выявлено достоверное увеличение мощности колебаний бета-диапазона в височных отведениях по сравнению с картиной ЭЭГ в контрольной группе [4]. При изучении роли дистантных рецепторов в формировании корковой ритмики обнаружилось, что у большинства (71 %) глухих подростков 13–17 лет в затылочной зоне коры регистрировался хорошо выраженный альфа-ритм, а в лобных зонах коры выраженность альфа-ритма резко падала. «Медленные» волны в составе ЭЭГ глухих доминировали достаточно редко, причем такие «медленные» волны значительно отличались от патологических дельта-волн [3]. У тугоухих и глухих детей были отмечены увеличенные спектральные мощ-

<sup>1</sup> Херсонский государственный университет (Украина).  
Эл. почта: [nastyashkuropat@yandex.ru](mailto:nastyashkuropat@yandex.ru) (А. В. Шкуропат).

ности колебаний бета-диапазона и «медленных» волн (тета- и дельта-частот) как в фоновых условиях, так и при функциональных нагрузках [1]. Полагают, что это свидетельствует о диффузных изменениях во многих структурах головного мозга [1]. При исследованиях организации низко- и высокочастотных компонентов альфа-ритма у глухих подростков 14–15 лет и их сверстников с нормальным слухом спектрально-корреляционный анализ показал, что у лиц с дефектами слуха часто локально повышены выраженность и степень синхронизации колебаний низкочастотного поддиапазона альфа-ритма [5]. У детей со слуховой депривацией результаты анализа ЭЭГ указывали на наличие локальных проявлений патологической (в частности, эпилептиформной) электрической активности в структурах височной зоны коры левого полушария, связанных с контролем языковой функции [6]. В ходе электроэнцефалографических исследований детей младшего школьного возраста с дефектами слуха [4] было установлено, что у них проявляются признаки незрелости систем ЦНС, ответственных за генерацию ЭЭГ.

В подростковом возрасте происходят существенные морфологические изменения нейронного аппарата коры. Усложняется фиброархитектоника, происходят тонкая дифференциация пирамидных нейронов и звездчатых клеток [7] и перестройка межнейронных связей [8], увеличивается «удельный вес» волоконных структур. Следует подчеркнуть, что, хотя группирование нейронов в ансамбли в коре мозга человека в целом реализуется в значительно более ранние сроки онтогенеза, чем подростковый возраст, на последнем этапе заметно усложняется ансамблевая организация, усложняется фиброархитектоника коры и четче выявляется ее регионарная специфичность [8, 9]. С учетом вышеприведенных данных и того факта, что подростковый возраст – важнейший этап в становлении личности, разработка и применение в этом возрасте адекватных коррекционных мер в случаях патологических изменений основных сенсорных систем является в высшей степени актуальной задачей. Очевидно, что такие меры должны базироваться на объективных оценках состояния упомянутых систем и структур ЦНС, вовлеченных в анализ сенсорной информации.

В своей работе мы исследовали когерентные характеристики фоновой ЭЭГ у тугоухих подростков.

## МЕТОДИКА

Группа подростков (12–15 лет) со сниженным слухом была сформирована на базе Херсонской школы-интерната № 29 для детей со сниженным слухом. В исследованиях приняли участие 82 подростка с сенсоневральной тугоухостью II–III степени, среди которых было 40 мальчиков и 42 девочки. Контрольную группу составляли ученики Херсонской общеобразовательной средней школы № 30 – подростки с нормальным слухом, среди которых было 40 мальчиков и 40 девочек. Все обследуемые подростки были праворукими (по самооценке и мануальным тестам – переплетение пальцев кисти, скрещивание рук на груди, динамометрия, умение писать правой и левой рукой).

Регистрация ЭЭГ осуществлялась с помощью системы компьютерной электроэнцефалографии «Braintest» (Украина). Electroды располагались согласно общепринятой международной системе «10–20» в восьми симметричных проекциях (лобные Fs и Fd, затылочные Os и Od, теменные Ps и Pd и височные Ts и Td). В качестве референтного электрода использовали объединенные Electroды, установленные на мочках ушей. Electroды фиксировались с помощью резинового шлема. Во время записи ЭЭГ исследуемые находились в свето- и звукоизолированной комнате. Полоса частот трактов усиления и регистрации соответствовала 1.0–30 Гц, частота дискретизации сигнала – 50 с<sup>-1</sup>. Анализировались 60-секундные отрезки записей, эпоха анализа составляла 2000 мс. Учитывались следующие частотные диапазоны: дельта (0.2–3.8 Гц), тета (4.0–7.8 Гц), альфа (8.0–12.8 Гц) и бета (13.0–30 Гц).

Перед проведением исследования все обследуемые были информированы о безвредности и безболезненности процедуры, ее порядке и приблизительной длительности.

В изучении функционального состояния головного мозга тугоухих подростков мы использовали когерентный анализ фоновой ЭЭГ, результаты которого дают информацию о функциональных взаимоотношениях отдельных участков коры [10, 11]. Уровень когерентности является мерой связи двух процессов, имеющих определенную частоту. В случае ЭЭГ – это отдельные частотные компоненты (ритмы) данной активности. Уровень когерентности представляет собой количественную оценку взаимной корреляции (степень сходства) двух процессов, имеющих данную частоту. Такая корреляция может

быть полной или отсутствовать независимо от амплитуды колебаний соответствующего частотного компонента ЭЭГ и их мощности [11]. Уровень, или коэффициент, когерентности (КК) – величина нормированная; ее значения лежат в пределах 0–1.00. При КК менее 0.30 уровень когерентности рассматривается как низкий. Значения КК 0.31–0.50 соответствуют умеренному, 0.51–0.70 – значимому, 0.71–1.0 – высокому уровню когерентности. В наших исследованиях учитывались лишь значимые и высокие уровни когерентности. Мы также определяли относительную часть значительных и высоких степеней связи среди всех возможных.

Числовые данные обрабатывались с применением методов вариационной статистики и программных пакетов “Microsoft Exel 2003” и “Statistica 6.0”. Достоверность различий между показателями в исследуемых группах определяли с помощью двухвыборочного критерия Вилкоксона; для оценки качественных различий использовали точный метод Фишера для таблиц  $2 \times 2$  с применением критерия  $\chi^2$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В состоянии функционального покоя (см. рисунок) у тугоухих мальчиков и девочек отмечалось достоверно больше ( $P \leq 0.05$ ) значимых и высоких величин КК в дельта-диапазоне (32.1 и 37.5 % соответственно) по сравнению с аналогичными показателями у нормально слышащих мальчиков и девочек (21.4 и 21.4 % соответственно).

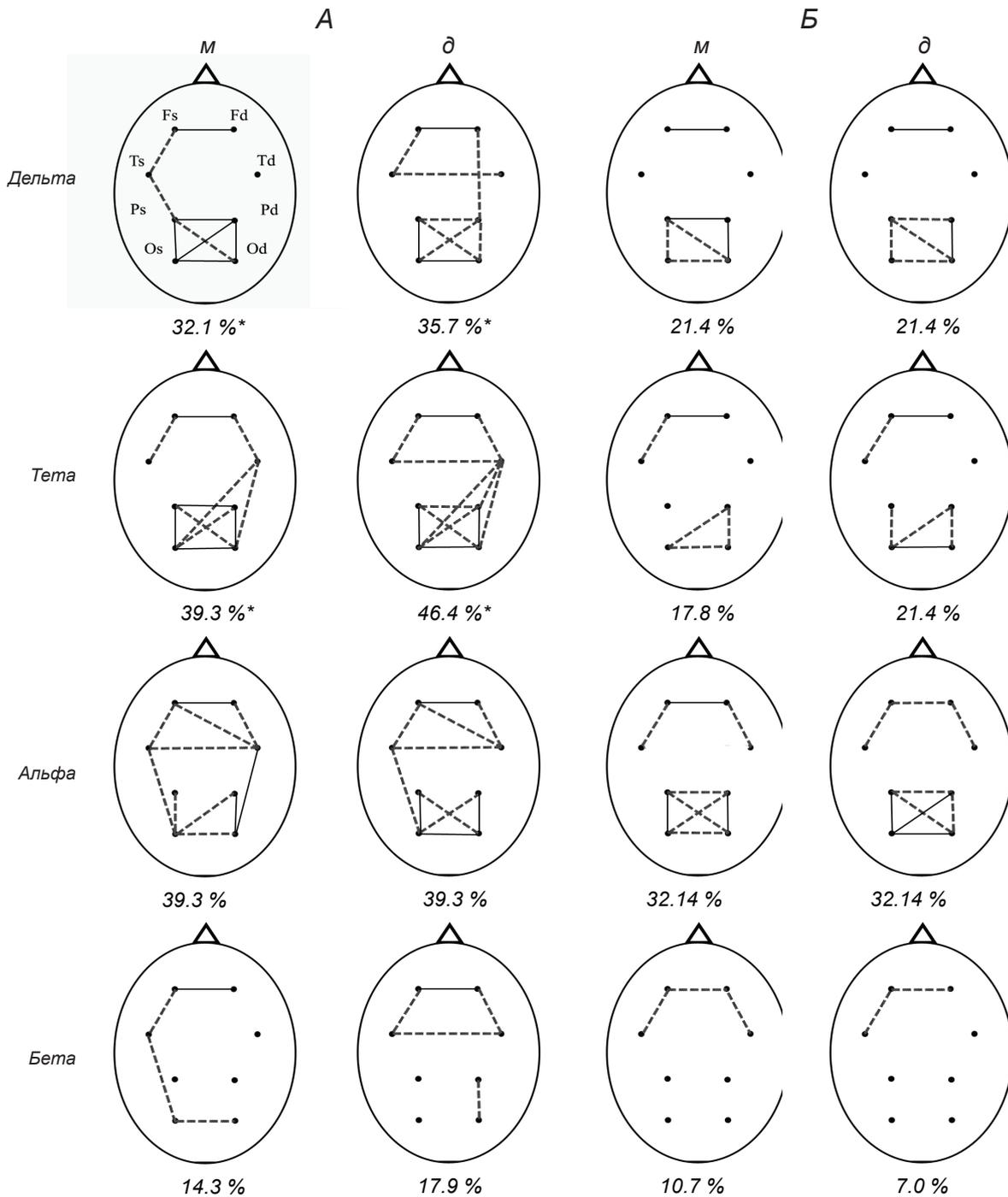
У тугоухих мальчиков высокие значения когерентности в дельта-диапазоне (табл. 1) наблюдали в симметричных лобных, теменных и затылочных зонах –  $r = 0.82 \pm 0.05$ ,  $0.77 \pm 0.05$  и  $0.84 \pm 0.04$  соответственно, что превышало аналогичные показатели у нормально слышащих мальчиков ( $P \leq 0.05$ ) в лобных и затылочных областях больших полушарий –  $r = 0.73 \pm 0.04$  и  $0.67 \pm 0.05$  соответственно.

У тугоухих девочек высокий уровень когерентности колебаний дельта-диапазона обнаруживался в симметричных лобных ( $r = 0.76 \pm 0.05$ ) и затылочных ( $r = 0.86 \pm 0.04$ ) зонах коры больших полушарий, а значительный уровень – в височных ( $r = 0.66 \pm 0.05$ ) и теменных ( $r = 0.69 \pm 0.05$ ) зонах. У девочек же с нормальным слухом высокий уровень когерентности наблюдался лишь в симметричных лобных зонах ( $r = 0.86 \pm 0.03$ ); значительная же корреляция, как и в предыдущей группе, отмеча-

лась в симметричных теменных ( $r = 0.69 \pm 0.07$ ) и затылочных ( $r = 0.64 \pm 0.07$ ) зонах коры. В затылочных зонах коры показатель когерентности в дельта-диапазоне у тугоухих девочек превышал аналогичный показатель у нормально слышащих девочек ( $P \leq 0.05$ ). Наблюдались также определенные гендерные различия у исследуемых нормально слышащих подростков: уровень когерентности в симметричных лобных зонах у девочек был выше аналогичных показателей у мальчиков ( $P \leq 0.05$ ).

У исследуемых тугоухих подростков уровень когерентности в ходе определения асимметричных межполушарных связей в дельта-диапазоне был значимым при сопоставлении левой теменной и правой затылочной ( $r = 0.57 \pm 0.05$  у мальчиков и  $r = 0.60 \pm 0.06$  у девочек) и правой теменной и левой затылочной ( $r = 0.65 \pm 0.06$  у мальчиков и  $r = 0.68 \pm 0.04$  у девочек) зон коры больших полушарий. У нормально слышащих подростков значительный уровень когерентности наблюдался между колебаниями дельта-диапазона в левой теменной и правой затылочной зонах коры ( $r = 0.54 \pm 0.04$  у мальчиков и  $r = 0.57 \pm 0.06$  у девочек).

Значимый уровень когерентности внутриполушарных связей в дельта-диапазоне ЭЭГ в состоянии функционального покоя у тугоухих мальчиков демонстрировали лобная и височная зоны коры в левом полушарии ( $r = 0.57 \pm 0.06$ ) и теменная и затылочная зоны в правом полушарии ( $r = 0.62 \pm 0.07$ ). Высокая степень когерентности выявлялась между лобной и височной зонами коры в левом полушарии ( $r = 0.76 \pm 0.05$ ). У тугоухих девочек уровень когерентности оказался значимым у лобной и височной зон в левом полушарии ( $r = 0.69 \pm 0.07$ ), а также у лобной и теменной ( $r = 0.51 \pm 0.05$ ) и теменной и затылочной ( $r = 0.63 \pm 0.04$ ) зон коры в правом полушарии. Высокий уровень когерентности наблюдался между теменной и затылочной зонами в левом полушарии ( $r = 0.71 \pm 0.04$ ). У нормально слышащих мальчиков значимый уровень внутриполушарных связей в дельта-диапазоне выявлялся у теменной и затылочной зон в левом полушарии ( $r = 0.67 \pm 0.07$ ), а высокий – у теменной и затылочной областей в правом полушарии ( $r = 0.74 \pm 0.05$ ). У нормально слышащих девочек значительный уровень когерентности внутриполушарных связей в дельта-диапазоне обнаруживался у лобной и височной ( $r = 0.56 \pm 0.08$ ) и теменной и затылочной ( $r = 0.69 \pm 0.06$ ) зон коры в левом полушарии. Высокая когерентность колебаний данного диапазона наблюдалась в теменной и затылочной



Пространственная организация когерентных связей ЭЭГ-колебаний различных диапазонов (указаны слева) в больших полушариях головного мозга тугоухих (А) и нормально слышащих (Б) мальчиков (м) и девочек (д) при регистрации ЭЭГ в состоянии функционального покоя.

Пунктирными и сплошными линиями обозначены когерентные связи значимого ( $r = 0.51-0.70$ ) и высокого ( $r = 0.71-0.99$ ) уровней соответственно между различными локусами отведения, указанными на левой верхней топокарте. Под картами указаны относительные количества (%) значимых и высоких уровней когерентности среди всех возможных случаев когерентных связей, принятых за 100 %. Звездочками отмечены случаи достоверных различий данных показателей в соответствующих группах мальчиков и девочек.

Просторова організація когерентних зв'язків ЕЕГ-коливань різних діапазонів (вказані зліва) у великих півкулях головного мозку тугоухих (А) і нормально чуючих (Б) хлопчиків (м) і дівчаток (д) при реєстрації ЕЕГ у стані функціонального спокою.

**Т а б л и ц а 1. Значения коэффициентов когерентности  $r$  колебаний дельта-диапазона при отведении ЭЭГ в состоянии функционального покоя**

**Т а б л и ц я 1. Значения коефіцієнтів когерентності  $r$  коливань дельта-діапазону при відведенні ЕЕГ у стані функціонального спокою**

Локусы	Тугоухие подростки		Нормально слышащие подростки	
	мальчики	девочки	мальчики	девочки
Межполушарные симметричные связи				
Fs-Fd	0.82 ± 0.05*	0.76 ± 0.05	0.73 ± 0.04	0.86 ± 0.03 <sup>+</sup>
Ts-Td	0.48 ± 0.08	0.66 ± 0.05	0.49 ± 0.05	0.49 ± 0.07
Ps-Pd	0.77 ± 0.05	0.69 ± 0.05	0.75 ± 0.03	0.69 ± 0.07
Os-Od	0.84 ± 0.04*	0.86 ± 0.04*	0.67 ± 0.05	0.64 ± 0.07
Межполушарные асимметричные связи				
Fs-Td	0.40 ± 0.06	0.49 ± 0.07	0.49 ± 0.05	0.42 ± 0.05
Fs-Pd	0.37 ± 0.08	0.49 ± 0.07	0.25 ± 0.05	0.32 ± 0.08
Fs-Od	0.41 ± 0.08	0.44 ± 0.06	0.29 ± 0.04	0.34 ± 0.06
Ts-Fd	0.46 ± 0.08	0.49 ± 0.06	0.43 ± 0.05	0.49 ± 0.07
Ts-Pd	0.37 ± 0.07	0.46 ± 0.05 <sup>+</sup>	0.39 ± 0.06	0.38 ± 0.07
Ts-Od	0.47 ± 0.06	0.46 ± 0.06	0.48 ± 0.06	0.40 ± 0.06
Ps-Fd	0.47 ± 0.07*	0.44 ± 0.05	0.21 ± 0.04	0.27 ± 0.08
Ps-Td	0.47 ± 0.07*	0.42 ± 0.06	0.35 ± 0.06	0.48 ± 0.06
Ps-Od	0.57 ± 0.05	0.60 ± 0.06	0.54 ± 0.04	0.57 ± 0.06
Os-Fd	0.47 ± 0.08	0.49 ± 0.06	0.27 ± 0.06	0.35 ± 0.08
Os-Td	0.46 ± 0.05*	0.48 ± 0.06	0.38 ± 0.07	0.46 ± 0.05
Os-Pd	0.65 ± 0.06	0.68 ± 0.04	0.50 ± 0.05	0.43 ± 0.08
Внутриполушарные связи				
Fs-Ts	0.57 ± 0.06	0.69 ± 0.07	0.49 ± 0.07	0.56 ± 0.08
Fs-Ps	0.40 ± 0.06*	0.48 ± 0.08	0.22 ± 0.04	0.34 ± 0.08
Fs-Os	0.45 ± 0.08*	0.44 ± 0.07*	0.26 ± 0.04	0.33 ± 0.08
Ts-Ps	0.50 ± 0.06	0.50 ± 0.05	0.50 ± 0.06	0.50 ± 0.07
Ts-Os	0.50 ± 0.07	0.49 ± 0.06	0.50 ± 0.06	0.49 ± 0.07
Ps-Os	0.72 ± 0.05	0.71 ± 0.04	0.67 ± 0.07	0.69 ± 0.06
Fd-Td	0.49 ± 0.07	0.42 ± 0.05*	0.30 ± 0.06	0.24 ± 0.07
Fd-Pd	0.45 ± 0.07	0.51 ± 0.05*	0.29 ± 0.06	0.32 ± 0.08
Fd-Od	0.45 ± 0.09	0.50 ± 0.06*	0.28 ± 0.05	0.32 ± 0.05
Td-Pd	0.48 ± 0.07	0.46 ± 0.07	0.49 ± 0.05	0.46 ± 0.04
Td-Od	0.50 ± 0.05	0.44 ± 0.06	0.43 ± 0.06	0.47 ± 0.06
Pd-Od	0.62 ± 0.07	0.63 ± 0.04	0.74 ± 0.05	0.74 ± 0.04

Примечания. Локусы отведения: F – лобные, T – височные, P – теменные, O – затылочные зоны коры (s – левого, d – правого полушария). Приведены значения средних ± ошибка среднего ( $M \pm m$ ). Звездочками отмечены случаи достоверных отличий  $r$  ( $P < 0.05$ ) в группах тугоухих мальчиков и девочек от соответственных значений у нормально слышащих подростков, крестиками – различий показателей у мальчиков и девочек в пределах одной группы.

областях правого полушария ( $r = 0.74 \pm 0.04$ ).

Относительное количество значимых и тесных когерентных связей в тета-диапазоне в состоянии функционального покоя (см. рисунок) у тугоухих мальчиков и девочек было достоверно бóльшим (39.3 и 46.4 % соответственно), чем аналогичные показатели у нормально слышащих мальчиков и девочек (17.8 и 24.4 % соответственно).

При анализе фоновой ЭЭГ тугоухих мальчиков высокий уровень когерентности в тета-диапазоне выявлялся между осцилляциями в симметричных лобных ( $r = 0.74 \pm 0.04$ ), теменных ( $r = 0.72 \pm 0.04$ )

и затылочных ( $r = 0.80 \pm 0.04$ ) зонах коры больших полушарий (табл. 2). У нормально слышащих же мальчиков такой уровень когерентности наблюдался только в симметричных лобных зонах коры ( $r = 0.73 \pm 0.05$ ). Значительной была когерентность тета-активности в симметричных затылочных зонах коры ( $r = 0.59 \pm 0.04$ ). Значения КК у тугоухих мальчиков в тета-диапазоне при сопоставлении симметричных затылочных зон коры достоверно превышали КК аналогичных колебаний у нормально слышащих мальчиков ( $P \leq 0.05$ ). Уровень когерентности тета-ритма в фоновой ЭЭГ тугоухих де-

**Т а б л и ц а 2. Значения коэффициентов когерентности колебаний тета-диапазона при отведении ЭЭГ в состоянии функционального покоя**

**Т а б л и ц я 2. Значения коефіцієнтів когерентності коливань тета-діапазону при відведенні ЕЕГ у стані функціонального спокою**

Локусы	Тугоухие подростки		Нормально слышащие подростки	
	мальчики	девочки	мальчики	девочки
Межполушарные симметричные связи				
Fs-Fd	0.74 ± 0.04	0.75 ± 0.04	0.73 ± 0.05	0.72 ± 0.05
Ts-Td	0.44 ± 0.06	0.60 ± 0.05*	0.47 ± 0.05	0.48 ± 0.06
Ps-Pd	0.72 ± 0.04	0.62 ± 0.06	0.45 ± 0.03	0.57 ± 0.04
Os-Od	0.80 ± 0.04*	0.81 ± 0.04	0.59 ± 0.04	0.71 ± 0.05
Межполушарные асимметричные связи				
Fs-Td	0.47 ± 0.06	0.43 ± 0.06	0.49 ± 0.04	0.38 ± 0.04
Fs-Pd	0.40 ± 0.05	0.46 ± 0.04*	0.33 ± 0.04	0.28 ± 0.04
Fs-Od	0.44 ± 0.05	0.49 ± 0.04*	0.38 ± 0.03	0.33 ± 0.03
Ts-Fd	0.43 ± 0.05	0.48 ± 0.04	0.48 ± 0.05	0.45 ± 0.05
Ts-Pd	0.44 ± 0.04	0.44 ± 0.06	0.41 ± 0.04	0.48 ± 0.06
Ts-Od	0.50 ± 0.05	0.45 ± 0.04	0.47 ± 0.05	0.43 ± 0.05
Ps-Fd	0.41 ± 0.05	0.48 ± 0.05*	0.29 ± 0.03	0.21 ± 0.04
Ps-Td	0.50 ± 0.05*	0.48 ± 0.04	0.39 ± 0.04	0.45 ± 0.06
Ps-Od	0.69 ± 0.04*	0.68 ± 0.05	0.50 ± 0.05	0.47 ± 0.04
Os-Fd	0.50 ± 0.05	0.50 ± 0.05*	0.38 ± 0.03	0.33 ± 0.05
Os-Td	0.57 ± 0.04	0.59 ± 0.05	0.49 ± 0.04	0.49 ± 0.04
Os-Pd	0.62 ± 0.03	0.64 ± 0.06	0.56 ± 0.02	0.55 ± 0.05
Внутриполушарные связи				
Fs-Ts	0.63 ± 0.02	0.68 ± 0.05*	0.59 ± 0.04	0.55 ± 0.04
Fs-Ps	0.48 ± 0.06*	0.50 ± 0.04*	0.30 ± 0.04	0.24 ± 0.04
Fs-Os	0.46 ± 0.06	0.50 ± 0.04*	0.41 ± 0.03	0.31 ± 0.04
Ts-Ps	0.40 ± 0.06	0.50 ± 0.04*	0.50 ± 0.05	0.43 ± 0.05
Ts-Os	0.56 ± 0.06	0.50 ± 0.04	0.48 ± 0.05	0.49 ± 0.05
Ps-Os	0.77 ± 0.04	0.82 ± 0.04	0.44 ± 0.05	0.55 ± 0.05
Fd-Td	0.63 ± 0.04	0.62 ± 0.05*	0.44 ± 0.05	0.44 ± 0.06
Fd-Pd	0.47 ± 0.05*	0.50 ± 0.03*	0.32 ± 0.04	0.34 ± 0.04
Fd-Od	0.47 ± 0.04	0.49 ± 0.05	0.38 ± 0.05	0.39 ± 0.04
Td-Pd	0.46 ± 0.05*	0.67 ± 0.05 <sup>+</sup>	0.30 ± 0.04	0.46 ± 0.04
Td-Od	0.67 ± 0.04*	0.67 ± 0.05 <sup>+</sup>	0.50 ± 0.04	0.44 ± 0.03
Pd-Od	0.78 ± 0.05	0.79 ± 0.05	0.61 ± 0.05	0.61 ± 0.03

Пр и м е ч а н и е. Обозначения те же, что и в табл. 1.

вочек был значительным в симметричных височных ( $r = 0.60 \pm 0.05$ ) и теменных ( $r = 0.62 \pm 0.06$ ) зонах коры, высоким – в симметричных лобных ( $r = 0.75 \pm 0.04$ ) и затылочных ( $r = 0.81 \pm 0.04$ ) областях. У нормально слышащих девочек уровень когерентности был высоким в симметричных лобных ( $r = 0.72 \pm 0.05$ ) и затылочных ( $r = 0.71 \pm 0.05$ ) зонах. Среднее значение КК колебаний тета-диапазона фоновой ЭЭГ тугоухих девочек в симметричных височных зонах превышало аналогичный показатель у нормально слышащих девочек ( $P \leq 0.05$ ).

В состоянии функционального покоя уровень когерентности межполушарных асимметричных связей в тета-диапазоне у тугоухих мальчиков и девочек

был значительным при сопоставлении левой теменной и правой затылочной ( $r = 0.69 \pm 0.04$  и  $0.68 \pm 0.05$  у мальчиков и девочек соответственно), левой затылочной и правой височной ( $r = 0.57 \pm 0.04$  и  $0.59 \pm 0.05$  у мальчиков и девочек) зон, левой затылочной и правой теменной областей ( $r = 0.62 \pm 0.03$  и  $0.64 \pm 0.06$  у мальчиков и девочек). У нормально слышащих подростков значимый уровень интенсивности межполушарных асимметричных связей в тета-диапазоне наблюдался в левой затылочной и правой теменной областях ( $r = 0.56 \pm 0.02$  – у мальчиков и  $r = 0.64 \pm 0.06$  – у девочек).

Внутриполушарные связи у тугоухих мальчиков были значимыми при сопоставлении тета-

**Т а б л и ц а 3. Значения коэффициентов когерентности колебаний альфа-диапазона при отведении ЭЭГ в состоянии функционального покоя****Т а б л и ц я 3. Значения коефіцієнтів когерентності коливань альфа-діапазону при відведенні ЕЕГ у стані функціонального спокою**

Локусы	Тугоухие подростки		Нормально слышащие подростки	
	мальчики	девочки	мальчики	девочки
Межполушарные симметричные связи				
Fs-Fd	0.76 ± 0.05	0.77 ± 0.06	0.73 ± 0.03	0.65 ± 0.07
Ts-Td	0.56 ± 0.04	0.59 ± 0.05	0.45 ± 0.05	0.49 ± 0.05
Ps-Pd	0.46 ± 0.04	0.43 ± 0.06	0.62 ± 0.05	0.67 ± 0.05
Os-Od	0.68 ± 0.04	0.73 ± 0.03	0.61 ± 0.04	0.72 ± 0.03
Межполушарные асимметричные связи				
Fs-Td	0.56 ± 0.04*	0.56 ± 0.05* <sup>+</sup>	0.44 ± 0.04	0.32 ± 0.05
Fs-Pd	0.40 ± 0.03*	0.39 ± 0.04*	0.21 ± 0.03	0.26 ± 0.05
Fs-Od	0.44 ± 0.03*	0.41 ± 0.04*	0.29 ± 0.03	0.28 ± 0.04
Ts-Fd	0.49 ± 0.04	0.49 ± 0.05	0.48 ± 0.05	0.45 ± 0.06
Ts-Pd	0.40 ± 0.03*	0.50 ± 0.04 <sup>+</sup>	0.30 ± 0.03	0.45 ± 0.06
Ts-Od	0.49 ± 0.03	0.48 ± 0.04	0.41 ± 0.03	0.43 ± 0.05
Ps-Fd	0.38 ± 0.05*	0.40 ± 0.05*	0.23 ± 0.03	0.20 ± 0.04
Ps-Td	0.48 ± 0.04	0.48 ± 0.05	0.35 ± 0.02	0.46 ± 0.05
Ps-Od	0.45 ± 0.03	0.62 ± 0.04	0.53 ± 0.04	0.65 ± 0.03
Os-Fd	0.42 ± 0.04	0.44 ± 0.05*	0.31 ± 0.03	0.27 ± 0.05
Os-Td	0.49 ± 0.03*	0.47 ± 0.04	0.45 ± 0.03	0.4 ± 0.05
Os-Pd	0.60 ± 0.03	0.62 ± 0.05 <sup>+</sup>	0.59 ± 0.04	0.71 ± 0.03
Внутриполушарные связи				
Fs-Ts	0.68 ± 0.04	0.69 ± 0.05	0.56 ± 0.04	0.55 ± 0.05
Fs-Ps	0.43 ± 0.06*	0.42 ± 0.05*	0.26 ± 0.04	0.21 ± 0.03
Fs-Os	0.44 ± 0.04*	0.46 ± 0.05*	0.27 ± 0.04	0.27 ± 0.03
Ts-Ps	0.58 ± 0.04	0.50 ± 0.04	0.49 ± 0.04	0.50 ± 0.06
Ts-Os	0.55 ± 0.03	0.67 ± 0.04 <sup>+</sup>	0.50 ± 0.04	0.50 ± 0.05
Ps-Os	0.65 ± 0.03*	0.77 ± 0.04 <sup>+</sup>	0.82 ± 0.02	0.75 ± 0.02
Fd-Td	0.66 ± 0.05	0.69 ± 0.05*	0.58 ± 0.04	0.51 ± 0.05
Fd-Pd	0.42 ± 0.04*	0.45 ± 0.05	0.26 ± 0.03	0.33 ± 0.05
Fd-Od	0.48 ± 0.04*	0.42 ± 0.05	0.34 ± 0.03	0.33 ± 0.05
Td-Pd	0.49 ± 0.04*	0.45 ± 0.04	0.45 ± 0.04	0.47 ± 0.04
Td-Od	0.73 ± 0.04*	0.44 ± 0.04	0.49 ± 0.04	0.49 ± 0.04
Pd-Od	0.81 ± 0.03	0.83 ± 0.03	0.74 ± 0.03	0.64 ± 0.02

Примечание. Обозначения те же, что и в табл. 1.

активности лобной и височной ( $r = 0.63 \pm 0.02$ ) и височной и теменной ( $r = 0.56 \pm 0.06$ ) зон коры в левом полушарии. Аналогичные связи выявлялись между лобной и височной ( $r = 0.63 \pm 0.04$ ) и височной и затылочной ( $r = 0.67 \pm 0.04$ ) зонами правого полушария. Уровень когерентности тета-активности в теменной и затылочной областях левого полушария ( $r = 0.77 \pm 0.04$ ) и теменной и затылочной зонах в правом полушарии ( $r = 0.78 \pm 0.05$ ) достигал высоких значений. У тугоухих девочек значимый уровень когерентности тета-осцилляций выявлялся при сопоставлении лобной и височной ( $r = 0.68 \pm 0.05$ ) зон левого полушария. В правом полушарии количество аналогичных связей было большим: лобная и височная области –  $r = 0.62 \pm 0.05$ , височная и те-

менная –  $r = 0.67 \pm 0.05$ , височная и затылочная –  $r = 0.67 \pm 0.05$ . Высокая степень когерентности отмечалась между теменной и затылочной зонами коры как в правом, так и в левом полушариях ( $r = 0.79 \pm 0.05$  и  $0.82 \pm 0.04$  соответственно). Значительный уровень корреляции колебаний тета-диапазона в составе фоновой ЭЭГ наблюдался у нормально слышащих мальчиков в лобной и височной зонах коры в левом полушарии ( $r = 0.59 \pm 0.04$ ) и в теменной и затылочной зонах коры правого полушария ( $r = 0.61 \pm 0.05$ ), а у нормально слышащих девочек – в лобной и височной областях левого полушария ( $r = 0.55 \pm 0.04$ ) и в теменной и затылочной зонах обоих полушарий ( $r = 0.55 \pm 0.05$  – в левом и  $r = 0.61 \pm 0.03$  – в правом полушарии).

Анализ показателей когерентности активности тета-диапазона показал, что значимые связи правой височной зоны с другими зонами больших полушарий у подростков с тугоухостью отличались большей выраженностью, чем у их нормально слышащих сверстников.

Результаты сравнения показателей когерентности осцилляций альфа-диапазона в составе фоновой ЭЭГ исследованных подростков (см. рисунок) свидетельствовали о том, что различия между количествами значимых и высоких показателей когерентности в данном частотном диапазоне у тугоухих (39.3 % – мальчики, 39.3 % – девочки) и нормально слышащих подростков (32.14 % – мальчики, 32.14 % – девочки) не достигали уровня ста-

стистической достоверности.

Уровень когерентности, характерный для межполушарных симметричных связей колебаний альфа-диапазона (табл. 3), в фоновой ЭЭГ тугоухих мальчиков был значимым у симметричных височных ( $r = 0.56 \pm 0.04$ ) и затылочных ( $r = 0.68 \pm 0.04$ ) зон коры и высоким – у симметричных лобных областей ( $r = 0.76 \pm 0.05$ ). У тугоухих девочек уровень когерентности был значимым при сопоставлении симметричных височных зон коры ( $r = 0.59 \pm 0.05$ ) и высоким – у симметричных лобных ( $r = 0.77 \pm 0.06$ ) и затылочных ( $r = 0.73 \pm 0.03$ ) областей. Нормально слышащие мальчики характеризовались значительным уровнем когерентности осцилляций альфа-диапазона в теменных ( $r = 0.62 \pm 0.05$ ) и за-

**Т а б л и ц а 4. Значения коэффициентов когерентности колебаний бета-диапазона при отведении ЭЭГ в состоянии функционального покоя**

**Т а б л и ц я 4. Значения коефіцієнтів когерентності коливань бета-діапазону при відведенні ЕЕГ у стані функціонального спокою**

Локусы	Тугоухие подростки		Нормально слышащие подростки	
	мальчики	девочки	мальчики	девочки
Межполушарные симметричные связи				
Fs-Fd	0.71 ± 0.03	0.70 ± 0.05	0.62 ± 0.03	0.68 ± 0.04
Ts-Td	0.50 ± 0.04	0.52 ± 0.03	0.41 ± 0.03	0.47 ± 0.04
Ps-Pd	0.48 ± 0.03	0.47 ± 0.05	0.43 ± 0.03	0.44 ± 0.04
Os-Od	0.64 ± 0.04	0.46 ± 0.04	0.44 ± 0.03	0.44 ± 0.02
Межполушарные асимметричные связи				
Fs-Td	0.49 ± 0.05	0.50 ± 0.03*	0.41 ± 0.03	0.38 ± 0.03
Fs-Pd	0.44 ± 0.04*	0.45 ± 0.03*	0.31 ± 0.02	0.29 ± 0.03
Fs-Od	0.47 ± 0.04*	0.44 ± 0.03*	0.35 ± 0.02	0.31 ± 0.03
Ts-Fd	0.49 ± 0.03	0.50 ± 0.04	0.42 ± 0.03	0.46 ± 0.04
Ts-Pd	0.45 ± 0.04*	0.50 ± 0.03	0.36 ± 0.03	0.45 ± 0.04
Ts-Od	0.49 ± 0.03	0.50 ± 0.02	0.44 ± 0.03	0.48 ± 0.03
Ps-Fd	0.42 ± 0.04*	0.41 ± 0.03*	0.28 ± 0.02	0.29 ± 0.04
Ps-Td	0.49 ± 0.03*	0.49 ± 0.03	0.41 ± 0.03	0.45 ± 0.04
Ps-Od	0.50 ± 0.03	0.50 ± 0.04	0.57 ± 0.04	0.48 ± 0.02
Os-Fd	0.41 ± 0.03*	0.40 ± 0.03	0.30 ± 0.02	0.33 ± 0.04
Os-Td	0.50 ± 0.03	0.50 ± 0.03	0.44 ± 0.02	0.49 ± 0.03
Os-Pd	0.49 ± 0.03	0.49 ± 0.04	0.48 ± 0.03	0.45 ± 0.03
Внутриполушарные связи				
Fs-Ts	0.63 ± 0.03	0.60 ± 0.04	0.53 ± 0.03	0.57 ± 0.03
Fs-Ps	0.42 ± 0.04	0.44 ± 0.03*	0.31 ± 0.03	0.33 ± 0.04
Fs-Os	0.42 ± 0.03	0.44 ± 0.03*	0.36 ± 0.02	0.34 ± 0.04
Ts-Ps	0.50 ± 0.04	0.44 ± 0.03	0.49 ± 0.03	0.48 ± 0.03
Ts-Os	0.52 ± 0.03	0.49 ± 0.03	0.50 ± 0.02	0.47 ± 0.03
Ps-Os	0.46 ± 0.03	0.44 ± 0.04	0.46 ± 0.03	0.41 ± 0.02
Fd-Td	0.50 ± 0.04	0.63 ± 0.03*	0.51 ± 0.03	0.50 ± 0.04
Fd-Pd	0.48 ± 0.04	0.48 ± 0.03*	0.32 ± 0.02	0.34 ± 0.03
Fd-Od	0.46 ± 0.02*	0.46 ± 0.02	0.35 ± 0.02	0.37 ± 0.02
Td-Pd	0.48 ± 0.03	0.50 ± 0.02 <sup>+</sup>	0.50 ± 0.03	0.42 ± 0.02
Td-Od	0.47 ± 0.02	0.49 ± 0.03	0.45 ± 0.03	0.48 ± 0.02
Pd-Od	0.46 ± 0.03	0.64 ± 0.03	0.44 ± 0.02	0.45 ± 0.03

П р и м е ч а н и е. Обозначения те же, что и в табл. 1.

тылочных ( $r = 0.61 \pm 0.04$ ) зонах и высоким значением КК для лобных зон коры ( $r = 0.73 \pm 0.03$ ). У нормально слышащих девочек КК были значимыми для симметричных лобных ( $r = 0.65 \pm 0.07$ ) и теменных ( $r = 0.64 \pm 0.05$ ) областей и высокими – для затылочных зон коры больших полушарий ( $r = 0.72 \pm 0.03$ ).

Межполушарные асимметричные связи в альфа-диапазоне у тугоухих мальчиков были значимыми при сопоставлении колебаний данного частотного компонента в левой лобной и правой затылочной зонах ( $r = 0.56 \pm 0.04$ ), а также в левой затылочной и правой теменной областях ( $r = 0.60 \pm 0.03$ ). В ходе анализа фоновой ЭЭГ тугоухих девочек значимые связи наблюдались между левой лобной и правой височной ( $r = 0.56 \pm 0.05$ ), левой теменной и правой затылочной ( $r = 0.62 \pm 0.04$ ), а также левой затылочной и правой теменной ( $r = 0.62 \pm 0.05$ ) зонами коры. Значительный уровень когерентности колебаний альфа-диапазона у нормально слышащих мальчиков обнаружился между левой теменной и правой затылочной ( $r = 0.53 \pm 0.04$ ) и левой затылочной и правой теменной ( $r = 0.59 \pm 0.04$ ) областями. Сходное пространственное распределение когерентных связей альфа-ритма наблюдалось у нормально слышащих девочек. Значимый уровень когерентности отмечался между левой теменной и правой затылочной ( $r = 0.65 \pm 0.03$ ), а высокий – между левой затылочной и правой теменной ( $r = 0.71 \pm 0.03$ ) зонами коры. Значения КК для колебаний альфа-диапазона у тугоухих подростков при сопоставлении левой лобной и правой теменной зон коры превышали аналогичные показатели у нормально слышащих подростков ( $P \leq 0.05$ ).

Значимый и высокий уровни когерентности в случае определения внутриволновых связей в альфа-диапазоне у тугоухих мальчиков обнаруживались между лобной и височной ( $r = 0.68 \pm 0.04$ ), височной и теменной ( $r = 0.58 \pm 0.04$ ), височной и затылочной ( $r = 0.55 \pm 0.03$ ) и теменной и затылочной ( $r = 0.65 \pm 0.03$ ) зонами коры в левом полушарии. Аналогичные связи в правом полушарии выявлялись между лобной и височной ( $r = 0.66 \pm 0.05$ ), височной и затылочной ( $r = 0.74 \pm 0.04$ ) и теменной и затылочной ( $r = 0.81 \pm 0.03$ ) зонами коры. У тугоухих девочек значимый и высокий уровни когерентности наблюдались между лобной и височной ( $r = 0.69 \pm 0.05$ ), височной и затылочной ( $r = 0.67 \pm 0.04$ ), теменной и затылочной ( $r = 0.77 \pm 0.04$ ) зонами в левом полушарии и между лобной и височной ( $r = 0.69 \pm 0.05$ ) и теменной и затылочной ( $r =$

$= 0.83 \pm 0.03$ ) областями в правом полушарии. У нормально слышащих мальчиков значимым и высоким уровнем когерентности колебаний альфа-диапазона оказался при сопоставлении лобной и височной ( $r = 0.56 \pm 0.04$ ) и затылочной и теменной ( $r = 0.82 \pm 0.02$ ) зон коры левого полушария, а также лобной и височной ( $r = 0.58 \pm 0.04$ ) и теменной и затылочной ( $r = 0.74 \pm 0.03$ ) областей правого полушария. У девочек аналогичные связи выявлялись между лобной и височной ( $r = 0.55 \pm 0.05$ ), затылочной и теменной ( $r = 0.75 \pm 0.02$ ) зонами коры левого полушария и между лобной и височной ( $r = 0.51 \pm 0.05$ ) и теменной и затылочной ( $r = 0.64 \pm 0.02$ ) зонами правого полушария.

В ходе анализа фоновой ЭЭГ тугоухих подростков обнаружилось, что у них высокие и значимые уровни когерентности альфа-осцилляций отмечались не только в близкорасположенных зонах коры полушарий; когерентность выявлялась и между отдаленными кортикальными областями, чего не наблюдалось в ЭЭГ нормально слышащих подростков.

Относительное количество значимых и высоких когерентных связей в бета-диапазоне фоновой ЭЭГ (см. рисунок) тугоухих мальчиков составляло 14.3 % всех возможных связей, что превышало количество аналогичных показателей в ЭЭГ нормально слышащих мальчиков (10.7 %). Эта разница, однако, не достигала уровня достоверности. Аналогичная доля значимых и высоких когерентных связей колебаний бета-диапазона у тугоухих девочек составляла 17.9 % по сравнению с 7 % у нормально слышащих девочек.

Уровень когерентности бета-осцилляций в пределах межполушарных симметричных связей у тугоухих мальчиков был значимым при сопоставлении симметричных затылочных локусов ( $r = 0.64 \pm 0.04$ ) и высоким – в симметричных лобных областях ( $r = 0.71 \pm 0.03$ ). У тугоухих девочек уровень когерентности бета-колебаний был значимым в симметричных височных ( $r = 0.52 \pm 0.03$ ) отведениях и высоким – в симметричных лобных ( $r = 0.71 \pm 0.05$ ) зонах. У нормально слышащих подростков значительная степень межполушарных симметричных когерентных связей в бета-диапазоне фоновой ЭЭГ наблюдалась в симметричных лобных ( $r = 0.62 \pm 0.03$  – у мальчиков,  $r = 0.68 \pm 0.04$  – у девочек) зонах коры.

Значимых и высоких КК в ходе анализа межполушарных асимметричных связей в бета-диапазоне в исследуемых группах подростков не обнаружилось.

Что же касается внутрислошарных связей в бета-диапазоне, то КК у тугоухих мальчиков были значимыми при сопоставлении лобной и височной ( $r = 0.63 \pm 0.03$ ) и височной и затылочной ( $r = 0.52 \pm 0.03$ ) зон коры в левом полушарии. У тугоухих девочек аналогичные связи выявлялись между лобной и височной ( $r = 0.60 \pm 0.04$ ) зонами левого полушария, а также между лобной и височной ( $r = 0.63 \pm 0.03$ ) и теменной и затылочной ( $r = 0.64 \pm 0.03$ ) зонами правого полушария. У нормально слышащих подростков уровень когерентности для внутрислошарных связей в бета-диапазоне у мальчиков был значимым в лобной и височной зонах коры как в левом, так и в правом полушариях ( $r = 0.53 \pm 0.05$  и  $0.51 \pm 0.03$  соответственно). У девочек же соответствующие связи наблюдались между лобной и височной зонами коры в левом полушарии ( $r = 0.57 \pm 0.03$ ).

Таким образом, анализ пространственной упорядоченности ЭЭГ-активности в больших полушариях головного мозга подростков показал, что у тугоухих подростков заметно бóльшая когерентность ЭЭГ-осцилляций отмечалась в разных зонах мозга. Это особенно проявлялось в дельта- и тета-диапазонах. В тета- и альфа-диапазонах фоновой ЭЭГ у тугоухих подростков наблюдались значительные и высокие значения КК не только при сопоставлении симметричных и близкорасположенных зон коры. Такие связи обнаруживались и между отдаленными зонами головного мозга. Нормально слышащим же подросткам была присуща бóльшая локальность значимых и высоких уровней когерентности осцилляций данных диапазонов.

Анализ показателей функции когерентности широко используется при изучении структурно-функциональной организации коры [12]. Полагают, что рост когерентности ЭЭГ-колебаний в различных зонах отображает взаимодействие дистантных нейронных ансамблей, в значительной степени обеспечиваемое на уровне апикальных дендритов. Кроме того, очевидно, что уровень когерентности зависит от количества корково-подкорковых связей и эффективности синаптической передачи в соответствующих зонах коры [11].

Пространственная организация электрической активности коры в значительной степени связана с ритмогенными механизмами стволовых и/или дисцефальных структур. Наличие компонентов глубинного происхождения в проявлениях когерентности ритмической электрической активности коры было продемонстрировано в экспериментах на жи-

вотных [13]. Было также показано влияние изменений функционального состояния ретикулярной формации мозга на процессы межцентральной интеграции в коре человека [14].

Высокий уровень когерентности при сопоставлении активности отдаленных зон коры больших полушарий может указывать на то, что эта активность возникает за счет наличия общего генератора [11], и быть свидетельством подкоркового расположения такого генератора [15]. Обнаруженная нами высокая пространственная упорядоченность ЭЭГ-колебаний дельта- и тета-диапазонов в составе фоновой ЭЭГ тугоухих подростков может быть результатом наличия глубинных генераторов медленноволновой активности и повышенного уровня активности таких глубинных структур. Подобной ситуации у обследованных нормально слышащих подростков не отмечалось.

Считается, что для данной возрастной группы является характерным особо высокое количество значимых и высоких когерентных связей в диапазоне доминирующего ритма (альфа) [7–9]. При этом у тугоухих подростков более высокие значения когерентности наблюдались для частот тета- и дельта-диапазонов, тогда как у нормально слышащих подростков – именно для частот альфа-ритма. Результаты измерений нормированной спектральной мощности ЭЭГ-осцилляций у тугоухих подростков показали, что у них явно увеличена мощность медленноволновой активности [16]. Поэтому наличие более тесных связей между зонами больших полушарий у тугоухих подростков именно в диапазоне данных частотных составляющих ЭЭГ в целом является достаточно ожидаемым феноменом.

Вне зависимости от того, что у исследуемых подростков не обнаруживалось статистически значимых различий количеств высоких значений КК в диапазоне альфа-ритма, тугоухие и нормально слышащие испытуемые характеризовались специфическим пространственным распределением этих связей. У нормально слышащих подростков отчетливо проявлялись два фокуса локализации высоких и значимых когерентных связей в альфа-диапазоне. Данный факт подтверждает представления о том, что альфа-активность генерируется несколькими генераторами, локализованными в передних и задних отделах коры [10]. У тугоухих же подростков наблюдались высокие уровни когерентности колебаний в затылочных и теменных, височных и лобных, височных и затылочных областях. Это обстоятельство может указывать на то, что у подростков с

нарушениями слуха альфа-активность может инициироваться единым интегральным источником. Ряд авторов, в том числе Исачев и соавт. [10], разработали представления о двухуровневой модели генерации альфа-ритма. В рамках такой модели первый уровень представлен двумя базовыми генераторами, которые локализованы в ретикулярных ядрах таламуса, а второй – двумя модально-специфическими корковыми генераторами, которые расположены в соответствующих определенных корковых проекциях [10]. Недостаточность только коркового генератора альфа-ритма у тугоухих подростков, подтверждается сниженной нормированной спектральной мощностью альфа-ритма в составе их фоновой ЭЭГ, что было отмечено в наших исследованиях [16]. Это приводит к заключению о некоторой несформированности или недостаточности нейронных сетей коры, которые принимают участие в генерации альфа-ритма, у данного контингента.

Повышение уровня когерентности колебаний тета-ритма в составе фоновой ЭЭГ в височных отделах у тугоухих подростков может указывать на относительно повышенную активность лимбической системы [15, 17]. Выявление изменений уровня когерентности в височных зонах, возможно, в определенной степени отображает сложные реорганизации функциональных связей в коре, вызванные усилением активности базальных отделов мозга [15] вследствие длительного стрессового воздействия на организм.

В целом, более высокие значения когерентности, обнаруживаемые при анализе ЭЭГ тугоухих подростков в состоянии функционального покоя, могут свидетельствовать о преобладании аномально мощных синхронизирующих влияний со стороны неспецифических подкорковых структур.

Описанные выше результаты позволяют сделать вывод о повышенной активности глубинных структур головного мозга у тугоухих подростков. На это указывает значительное относительное количество высоких и значимых когерентных связей в диапазоне низких ЭЭГ-частот, что свидетельствует о функциональной недостаточности нейронных сетей коры, принимающих участие в генерации альфа-ритма. Последний факт может быть следствием в общем сниженного интегрального тонуса коры, который обусловлен ограничением слуховой афферентации. Снижение тонуса коры имеет следствием недостаточность её эфферентных влияний на глубинные церебральные структуры и, со-

ответственно, повышенную активность последних. Активность лимбической системы у подростков со сниженным слухом может расцениваться как проявление реакции организма на слуховую сенсорную депривацию, обуславливающую развитие перманентного стрессового состояния.

*А. В. Шкуронат<sup>1</sup>*

КОГЕРЕНТНИЙ АНАЛІЗ ЕЕГ ТУГОВУХИХ ПІДЛІТКІВ

<sup>1</sup> Херсонський державний університет (Україна).

Р е з ю м е

Згідно з даними аналізу показників когерентності частотних компонентів фонові ЕЕГ туговухих підлітків (12–15 років), останнім притаманна більша просторова впорядкованість коливань дельта- та тета-діапазонів у різних зонах кори головного мозку порівняно з когерентністю в однолітків, що нормально чують. Це може свідчити про глибинне розташування генераторів подібної повільнохвильової ЕЕГ-активності та збільшену активність вказаних генераторних структур. В альфа-діапазоні у туговухих підлітків не виявлялося чіткого фокусу такої активності; у той же час спостерігався значний рівень когерентності альфа-коливань у просторово віддалених зон кори. Дана особливість вказує на те, що альфа-активність також могла ініціюватись із одного джерела, розташованого в підкіркових структурах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О. М. Гасюк, *Взаємозв'язок психофізіологічних функцій з показниками серцево-судинної та респіраторної систем у дітей молодшого шкільного віку із слуховою депривацією*, Автореф. дис. ... канд. біол. наук, Київ (2004).
2. І. Випасняк, "Характеристика фізичного розвитку і фізичних якостей школярів із слуховою депривацією", *Актуал. пробл. фіз. культури і спорту*, № 8/9, 93-97 (2005).
3. Л. А. Новикова, *Електрична активність мозку при порушеннях дистантних рецепторів*, Автореф. дис. ... д-ра мед. наук, Москва (1965).
4. О. О. Тарасова, *Електрична активність головного мозку приглухуватих дітей молодшого шкільного віку*, Автореф. дис. ... канд. біол. наук, Київ (2008).
5. Р. И. Гоман, Н. О. Мачинский, "Анализ ритмических колебаний ЭЭГ альфа-диапазона в норме и при глубоком нарушении слуха", *Физиология человека*, 9, № 1, 66-72 (1983).
6. М. Н. Фишман, "Функциональное состояние головного мозга детей с нарушениями слуха и трудностями формирования речевого обучения", *Дефектология*, № 1, 3-8 (2003).
7. Н. В. Дубровинская, Д. А. Фарбер, М. М. Безруких, *Психофизиология ребёнка*, Гуманит. издат. центр ВЛАДОС, Москва (2000).

8. Д. А. Фарбер, В. В. Алферова, *Физиология подростка*, Педагогика, Москва (1988).
9. Д. А. Фарбер, В. В. Алферова, *Электроэнцефалограмма детей и подростков*, Педагогика, Москва (1972).
10. Л. Р. Зенков, *Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии): руководство для врачей*, МЕДпрессинфо, Москва (2004).
11. Г. А. Щекутьев, *Нейрофизиологические исследования в клинике*, Антидор, Москва (2001).
12. Р. И. Мачинская, Л. С. Соколова, Е. В. Крупская, “Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга. Сообщение II. Анализ когерентности альфа-ритма ЭЭГ”, *Физиология человека*, **33**, № 2, 5-15 (2007).
13. F. H. Lopes da Silva, “Neural mechanisms underlying brain waves: from neural membranes to networks,” *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **79**, 81 (1991).
14. Л. С. Соколова, Р. И. Мачинская, “Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга. Сообщение I. Анализ спектральных характеристик ЭЭГ в покое”, *Физиология человека*, **32**, № 5, 5-14 (2006).
15. О. М. Гриндель, И. А. Воронина, И. Г. Воронов и др., “Изменения ЭЭГ в раннем послеоперационном периоде удаления опухолей базально-дизенцефальной локализации”, *Физиология человека*, **34**, № 1, 39-45 (2008).
16. А. В. Шкуропат, “Особливості показників нормованої спектральної потужності на фоновій ЕЕГ приглухуватих та нормальнучуючих підлітків”, *Валеологія: сучас. стан, напрямки та перспективи розвитку*, **1**, 314-319 (2009).
17. E.-J. Speckmann and J. Walden, “Mechanisms underlying the generation of cortical field potentials,” *Acta Otolaringol.*, **491**, Suppl., 17-24 (1991).