

УДК 612.821.35

ВНУТРИСЕНСОРНЫЕ И СЕНСОРНО-ЭФФЕКТОРНЫЕ КОРРЕЛЯТЫ АМПЛИТУД КОМПОНЕНТОВ АКУСТИЧЕСКИХ СТЕЛОВЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ КООРДИНАЦИИ ДВИЖЕНИЙ РУК

© *Ткаченко П.В., Бобынцев И.И.*

**Кафедра нормальной физиологии, кафедра патофизиологии
Курского государственного медицинского университета, Курск**

E-mail: main@kgmu.kursknet.ru

Исследованы внутри- и межсистемные корреляционные взаимоотношения амплитудных характеристик и показателей бимануальной координации. Установлено, что стимуляция как доминантного, так и субдоминантного сенсорного входа приводит к выраженной интеграции уровней активности элементов правой части проводникового отдела слуховой сенсорной системы у испытуемых обоего пола. У мужчин, в отличие от женщин, поступление сенсорной информации через правое ухо вызывает более выраженную взаимоактивацию ипсилатеральных структур. Слуходвигательная координация у мужчин и женщин имеет сходный характер и свидетельствует о роли слуховых волокон в ростральной части моста и боковой петле во вкладе в активацию вышележащих структур. Однако описанные корреляционные связи подтверждают различия механизмов реализации бимануальных движений, уровень которых меньше у женщин. При этом у мужчин регуляция реализуется по «прогнозированию» за счет выраженной сонастройки компонентов слуходвигательной программы, а у женщин – по «возмущению», по факту произошедшего сбоя.

Ключевые слова: акустические стеловые вызванные потенциалы, бимануальная координация, корреляция.

INTRASENSOR AND SENSOR-EFFEKTOR CORRELATION OF THE AUDITORY STEM EVOKED POTENTIALS AMPLITUDES WITH MANUAL COORDINATION CHARACTERISTICS

Tkachenko P.V., Bobyntsev I.I.

Normal Physiology Department, Patophysiology Department of the Kursk State Medical University, Kursk

The intrasensor and inter-systemic correlational interaction of the amplitude characteristics and parameters of bi-manual coordination was investigated. Stimulation of the dominant as well as subdominant sensor input leads to significant integration of the activity levels of the right hand side connector division of the auditory sensory system in the examinee of both sex. In men the sensory system input through the right ear causes much more significant inter-activation of ipsi-lateral structures in contrasts to the women. Auditory-motor coordination in men and women has similar characteristics and could be a result of the role of the auditory fibers in the rostral part of the pons and the lateral loop in activation of the higher located structures. But the correlations noticed above prove the differences in the mechanisms of realization of bi-manual movements, which are less active in women. In men, regulation is achieved by mechanisms of prediction, as a result of significant co-adjustment of the auditory-motor programme, while in women – by mechanisms of correction after a mistake done.

Keywords: acoustic stem evoked potentials, bi-manual coordination, correlation.

Сенсорная организация движений является самостоятельным начальным этапом в сложной цепи процессов построения двигательных актов. Согласно общей теории функциональных систем, начало любого рефлекторного акта заключается в синтезе наличной афферентации. При этом основной структурно-функциональной единицей синтетических процессов мозга, вне зависимости от этапов их развертывания, является блок полисенсорных нейронов с широкой конвергенцией к нему влияний различной модальности [1, 3]. В предыдущих исследованиях нами были изучены и выявлены устойчивые корреляты показателей активности зрительной сенсорной системы и координации движений рук [16, 17, 18]. Слуховая сенсорная система также имеет важное значение в формировании полимодальной картины обстановочной афферентации, и в литературе имеются данные о значении механизмов слуховой сигнала

в организации двигательной активности на таламо-кортикальном уровне [2, 9, 10, 11, 12, 16]. В то же время отсутствуют данные о роли проводникового отдела слухового анализатора на стеловом уровне в процессах слухомоторной интеграции. Ране мы выявили особенности корреляционных взаимоотношений временных характеристик акустических стеловых вызванных потенциалов (АСВП), как наиболее устойчивых, с показателями суппортметрии [19]. Амплитуды компонентов АСВП, по мнению некоторых авторов, является более вариабельными показателями и, следовательно, менее информативными [4, 8, 20]. Однако данные характеристики, несомненно, отражают уровень активации элементов сенсорной системы, и особенно тех структур, в которых происходит переключение информации с ее перекодированием. Поэтому анализ взаимосвязей амплитудных характеристик стеловых вызванных

потенциалов с показателями координации может раскрыть закономерности слуходвигательной координации, что и послужило целью нашего исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании добровольно приняли участие 38 мужчин и 36 женщин в возрасте от 18 до 20 лет.

Регистрации акустических стволовых (слуховых коротколатентных) вызванных потенциалов (АСВП) осуществляли на нейромьюанализаторе НМА-4-01 «Нейромиан» («Медиком МТД», Россия) с соответствующим программным обеспечением в отведениях С3 и С4 по стандартной методике. Регистрируемые вызванные потенциалы включали в себя семь позитивных пиков I-VII. Компоненты АСВП оценивали по амплитуде [4, 8, 19].

Уровень бимануальной координации произвольной двигательной активности определяли методом суппортметрии. Рассматривались временные и количественные характеристики (ОВ - общее время выполнения задания, ВНК - время на контуре, ВВК - время вне контура, КО - количество ошибок) и расчетные показатели координации (ИПК - интегральный показатель координации, СК - скорость выполнения задания и СР - скорость реакции при ликвидации сбоя). Для выполнения предлагались четыре фигуры-контура различной степени сложности [15].

При статистической обработке рассчитывали средние значения (M) рассматриваемых характеристик с ошибкой (m), определяли прямолинейную (r) и криволинейную (η) зависимость между компонентами АСВП и показателями координации, рассчитывали коэффициент суммарной многосторонней скоррелированности ($\Sigma r + \eta$) [6, 7, 13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При сравнении средних значений амплитуд компонентов АСВП в группах испытуемых установлено, что достоверно различаются амплитуды компонентов II ($p < 0,05$), III ($p < 0,001$), IV ($p < 0,001$) и V ($p < 0,001$), зарегистрированные при стимуляции справа в отведении С3. При этом три последних больше в группе женщин, а первый в группе мужчин. Среди амплитудных характеристик компонентов, зарегистрированных в отведении С4, статистически значимо больше в группе женщин I ($p < 0,01$), III ($p < 0,01$), V ($p < 0,001$) и VI ($p < 0,001$). Значения амплитуд I ($p < 0,001$) и III ($p < 0,001$) компонентов АСВП при стимуляции

слева в контрлатеральном полушарии выше в группе женщин. В отведении С4 достоверно различаются II ($p < 0,01$), V ($p < 0,05$) и VII ($p < 0,01$), при этом значения первого и последнего выше у мужчин.

Анализ суммарной многосторонней скоррелированности амплитуд компонентов АСВП позволил выявить особенности взаимосвязанной активации и сонстройки подкорковых структур слуховой сенсорной системы в зависимости от латерализации нанесения стимула. Так, у мужчин (табл. 1) в обоих отведениях при нанесении стимула на левое ухо наибольшей степенью корреляционной взаимосвязи обладают компоненты II и IV. Правосторонняя стимуляция в контрлатеральном отведении обуславливает аналогичную закономерность. В то же время в С4 первые ранги занимают амплитуды V и III компонентов.

У женщин (табл. 2) с учетом уровня многосторонней скоррелированности наибольший вклад в активацию структур, обеспечивающих обработку слуховой сенсорной информации, вносит латерализация нанесения аудиосигнала, что проявилось в схожести ранговых мест, занимаемых компонентами АСВП в отведениях на стороне стимуляции.

Значения суммарной многосторонней скоррелированности амплитуд компонентов АСВП у мужчин в отведениях С3 и С4 при стимуляции слева составили 5,608 и 9,818, а при стимуляции справа - 5,212 и 6,542 соответственно. У женщин общий уровень внутрисистемных корреляционных взаимоотношений при стимуляции слева составил 7,226 в С3 и 12,6 в С4 соответственно, а при стимуляции справа - соответственно 2,048 и 3,47.

Анализ суммарной многосторонней скоррелированности значений амплитуд компонентов АСВП с характеристиками бимануальной произвольной двигательной активности показал, что в группе мужчин при нанесении стимула слева в ипсилатеральном отведении наиболее взаимосвязанной является амплитуда компонента VI (рис. 1). Такой уровень взаимоотношений обусловлен большим количеством криволинейных связей данного компонента с ИПК и СК первого задания, ИПК второго задания, ИПК, СК и СР третьего задания и всех (кроме ИПК) характеристик суппортметрии четвертого задания. Кроме того, данные корреляционные отношения характеризуются особенностями изменения второго признака относительно первого.

Амплитуда компонента IV, находящаяся на втором уровне скоррелированности (хотя и на значительно более низком, чем VI), прямолинейно обратнаправленно взаимосвязана с ОВ

Таблица 1

Внутрисистемная скоррелированность амплитуд компонентов АСВП у мужчин

Компонент	I	II	III	IV	V	VI	VII
Стимуляция слева							
Отведение С3							
$\Sigma r+\eta$	0	1,306	0,372	1,593	0,554	1,068	0,715
Ранг	7	2	6	1	5	3	4
Отведение С4							
$\Sigma r+\eta$	0,536	2,470	1,202	2,859	1,040	1,071	0,64
Ранг	7	2	3	1	5	4	6
Стимуляция справа							
Отведение С3							
$\Sigma r+\eta$	0,811	1,470	0,425	1,300	1,063	0,359	0,784
Ранг	4	1	6	2	3	7	5
Отведение С4							
$\Sigma r+\eta$	0,633	0,996	1,103	0,840	1,492	0,539	0,939
Ранг	6	3	2	5	1	7	4

Примечание. Ранжирование амплитуд компонентов АСВП произведено по уровню суммарной многосторонней скоррелированности $\Sigma r+\eta$.

Таблица 2

Внутрисистемная скоррелированность амплитуд компонентов АСВП у женщин

Компонент	I	II	III	IV	V	VI	VII
Стимуляция слева							
Отведение С3							
$\Sigma r+\eta$	2,176	0,589	1,051	1,266	1,410	0,734	0
Ранг	1	6	4	3	2	5	7
Отведение С4							
$\Sigma r+\eta$	1,685	0,575	0,991	3,008	3,355	1,298	1,688
Ранг	4	7	6	2	1	5	3
Стимуляция справа							
Отведение С3							
$\Sigma r+\eta$	0	0	0,354	0,354	0	0,570	0,770
Ранг	5-7	5-7	3-4	3-4	5-7	2	1
Отведение С4							
$\Sigma r+\eta$	0,964	0,388	0,440	0,440	0,907	0	0,331
Ранг	1	5	3-4	3-4	2	7	6

Примечание. См. табл. 1.

и ВНК первых трех двигательных заданий и положительно с СК этих же контуров. Компонент III аналогично коррелирует с характеристиками первого задания. Наибольшее количество прямолинейных корреляционных взаимосвязей амплитуд компонентов АСВП выявлено с характеристиками второго, самого сложного задания. Значение суммарной межсистемной скоррелированности составило – 15,206.

В контрлатеральном отведении (С4) наиболее скоррелированными с характеристиками координации оказались амплитуды компонентов V, I и VII. Первые два преимущественно за счет криво-

линейных взаимоотношений, а последний за счет прямолинейных положительных взаимосвязей с ОВ и ВНК первого и второго заданий и обратно-направленных с ИПК и СК второго задания. При этом суммарный уровень многосторонних межсистемных корреляционных взаимоотношений составил – 10,339.

Среди амплитуд компонентов АСВП, зарегистрированных при стимуляции правого уха в контрлатеральном отведении, наибольший уровень многосторонних взаимоотношений имеют IV и V (рис. 2).

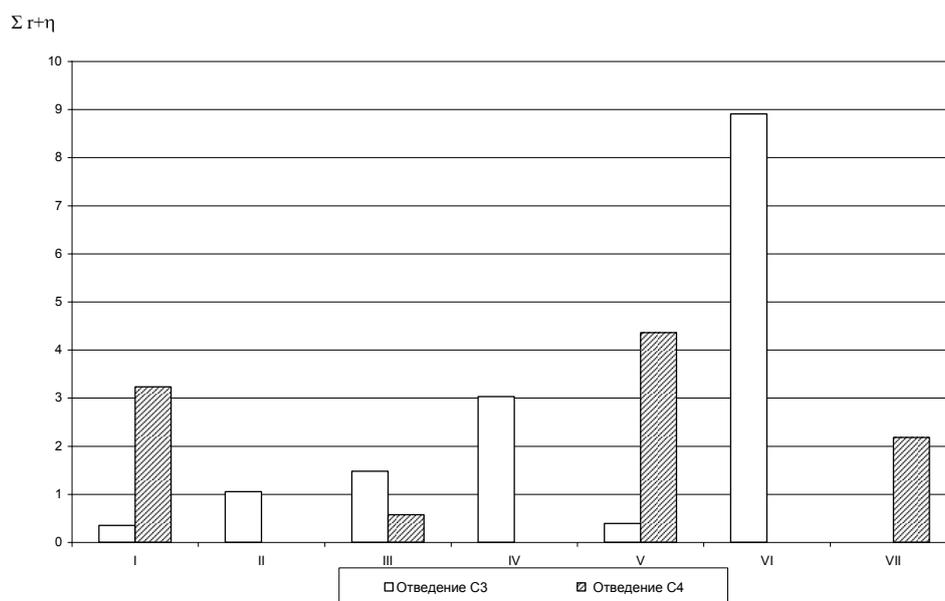


Рис. 1. Суммарная многосторонняя скоррелированность амплитуд компонентов АСВП, зарегистрированных при стимуляции слева с показателями суппортметрии у мужчин.

Примечание: $\Sigma r+\eta$ - сумма коэффициентов корреляции и корреляционных отношений без учета знака; C3 и C4 - скальповые отведения в соответствии с международной системой «10-20%».

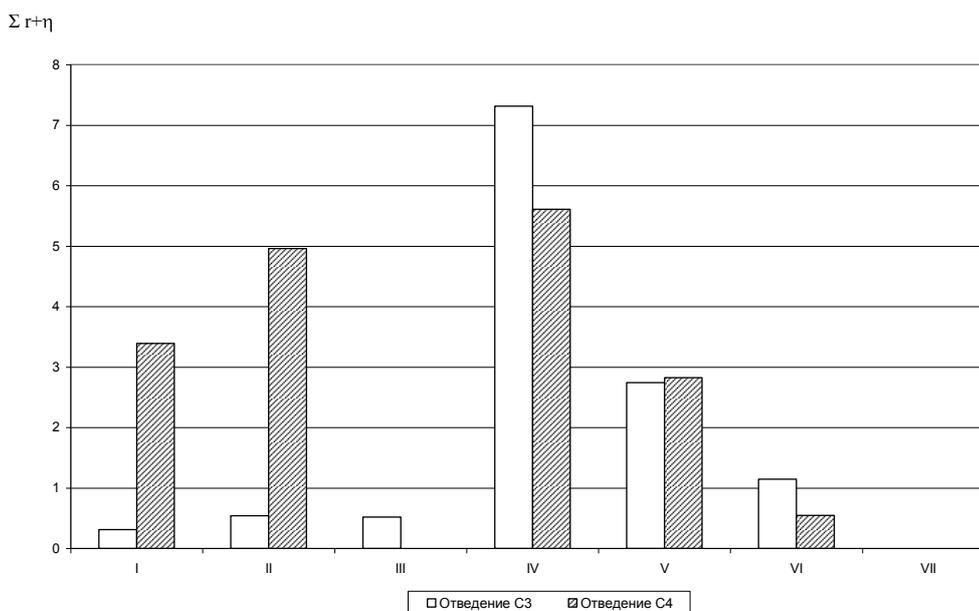


Рис. 2. Суммарная многосторонняя скоррелированность амплитуд компонентов АСВП, зарегистрированных при стимуляции справа, с показателями суппортметрии у мужчин.

Примечание. См. рис. 1.

Амплитуда четвертого компонента прямолинейно обратнаправленно коррелирует с ОБ первого и второго заданий и с ОБ и ВНК третьего и четвертого, а ИПК и СК всех четырех контуров положительно прямолинейно. Амплитуда пятого компонента положительно прямолинейно коррелирует с ВНК второго и четвертого заданий и отрицательно с ВВК и КО последних трех.

Среди компонентов, зарегистрированных в ипсилатеральном отведении, также наибольшей скоррелированностью обладает IV, за счет аналогичных взаимосвязей (как и в C3) с ОБ, ВНК, ИПК и СК всех четырех заданий. Подобные вза-

имоотношения характерны и для амплитуды второго компонента с показателями второго и третьего заданий. В отведении C3 выявлен более низкий уровень суммарной межсистемной скоррелированности (12,567) по сравнению с C4 (17,327).

У женщин при стимуляции левого аудиовхода среди компонентов, зарегистрированных слева (рис. 3), наибольшей скоррелированностью обладают V и VI. При этом V - за счет разнообразных исключительно криволинейных связей, а VI - и при наличии обратнаправленных прямолинейных с ВВК и КО первого задания и CP третьего и положительной с ИПК того же первого задания.

Следует отметить, что прямолинейные связи выявлены в сопоставлениях II-CP (отрицательная) первого задания, II-OB и ВНК (положительные) второго задания, III-OB и ВНК (отрицательные) второго задания, I-ВВК, КО и IV-OB (положительные) третьего задания и VI-СК (отрицательная) третьего задания.

В контрлатеральном стимуляции отведении (С4) наибольшей скоррелированностью с показателями бимануальной координации обладает амплитуда компонента I за счет большого количества разнонаправленных криволинейных взаимоотношений. Компонент II коррелирует преимущественно прямолинейно положительно с ВВК и КО первого задания, СК третьего и с ВВК и КО четвертого, а отрицательно с OB и ВНК третьего и ИПК и CP четвертого заданий. Аналогичные взаимосвязи выявлены с показателями суппортметрии третьего задания и амплитудой компонента III. Суммарная корреляция в отведении С3 составила - 14,863, а в С4 - 25,798.

Среди амплитуд компонентов АСВП, зарегистрированных в контрлатеральном отведении при правосторонней стимуляции (рис. 4), наибольшей скоррелированностью с показателями координации обладает V за счет ярко выраженных криволинейных связей. Амплитуда первого компонента положительно прямолинейно коррелирует с OB и ВНК и отрицательно с СК второго сложного задания. Кроме того, выявлены отрицательные корреляционные взаимосвязи CP второго, третьего и четвертого контуров с амплитудой компонента VI.

В ипсилатеральном отведении наиболее скоррелирован VI компонент за счет преимущественно криволинейных связей. При этом выявлена положительная прямолинейная связь с ВВК и отрицательная с ИПК четвертого задания. IV ком-

понент коррелирует исключительно криволинейно, а VII, находящийся на третьем месте по уровню многосторонней скоррелированности, прямолинейно положительно взаимосвязан с ВНК первого и четвертого заданий, с CP первого и третьего заданий и обратнаправленно - с КО третьего задания.

Также установлено, что уровень суммарной многосторонней межсистемной скоррелированности в обоих отведениях находится примерно на одном уровне 13,747 и 13,826 соответственно.

Обнаруженные нами половые различия средних значений амплитуд акустических стволовых вызванных потенциалов согласуются с данными литературы. Так, в ряде исследований показаны их более высокие значения у женщин [4, 20, 21].

Особенности внутрисистемной скоррелированности значений амплитуд АСВП у мужчин, зарегистрированных при стимуляции слева, свидетельствуют о высокой значимости активации кохлеарных ядер, в которых локализуется тело третьего нейрона проводникового отдела, и роли распространения возбуждения в ростральной части моста и боковой петле в обоих отведениях. Подобная закономерность наблюдается и при стимуляции справа в С3. Однако в ипсилатеральном отведении большее значение приобретает активность верхних олив и нижних бугров четверохолмия. Очевидно, это свидетельствует о первичной переработке сенсорной информации в зоне переключения (кохлеарные ядра) и важности билатеральной иррадиации, происходящей в соответствующих структурах. Необходимо отметить, что латентности этих же компонентов, которые могут свидетельствовать об их активности, превалируют по уровню скоррелированности в своих системах [19].

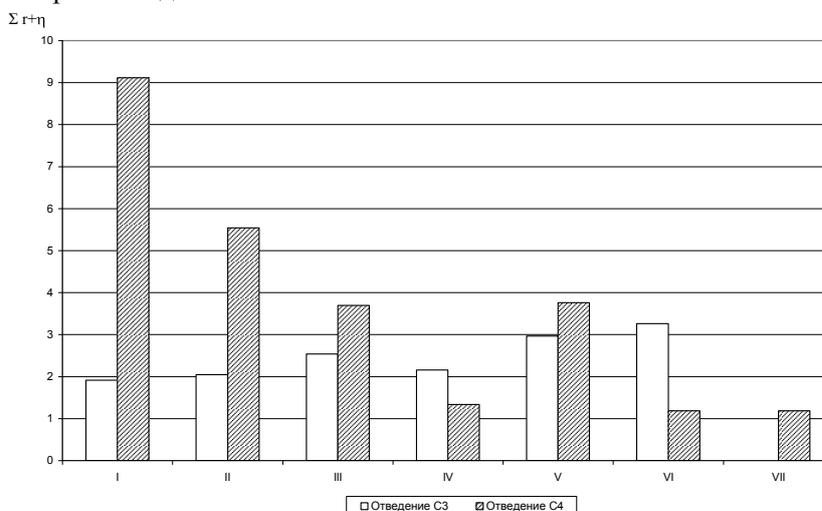


Рис. 3. Суммарная многосторонняя скоррелированность амплитуд компонентов АСВП, зарегистрированных при стимуляции слева, с показателями суппортметрии у женщин.

Примечание. См. рис. 1.

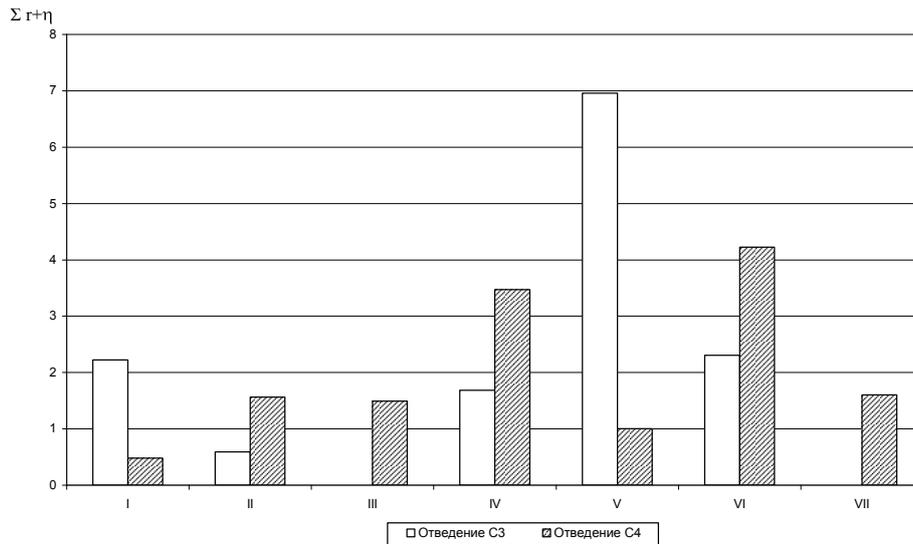


Рис. 4. Суммарная многосторонняя скоррелированность амплитуд компонентов АСВП, зарегистрированных при стимуляции справа, с показателями суппортметрии у женщин.

Примечание. См. рис. 1.

У женщин левосторонняя стимуляция, как и правосторонняя, обуславливает выраженную активность дистальной части слухового нерва в одноименном отведении. Это может свидетельствовать о латерализации нанесения стимула [4, 8]. В то же время поступление информации через левый сенсорный вход определяет уровень взаимосвязей активности восходящих волокон ствола мозга и четверохолмия. Это характерно и для ипсилатерального отведения при стимуляции справа. В контрлатеральном отведении выраженную взаимосвязь обнаруживают амплитуды последних компонентов АСПВ, характеризующие переключение информации на четвертом нейроне (медиальное коленчатое тело) и дистальную иррадиацию. Участие нижних бугров четверохолмия и медиального коленчатого тела в данных процессах отмечалось и в наших предыдущих исследованиях [19].

Левосторонняя стимуляция у мужчин вызывает выраженную интеграцию элементов сенсорной системы в контрлатеральном отведении, а правосторонняя в ипсилатеральном. Данные факты наблюдались и у женщин, что свидетельствует о роли в этом процессе латерализации стимула и правых отделов слуховой сенсорной системы. Подобная закономерность была установлена и в зрительной сенсорной системе [5].

Результаты сопоставления амплитуд компонентов АСВП с показателями координации у мужчин свидетельствуют о влиянии выполнения двигательных заданий на активность ипсилатеральной части проводниковой системы при поступлении звуковой информации слева. В данном случае ведущую роль играет медиальное коленчатое тело, в котором происходит первичная пе-

реработка сенсорной информации. Характер прямолинейной корреляции при этом свидетельствует о том, что чем выше активность возбуждения в ростральной части моста и боковой петле, тем быстрее выполняется задание. При этом контрлатерально важную роль играет дистальная часть слухового нерва и нижние бугры четверохолмия. Особый интерес представляют выявленные прямолинейные связи последнего компонента вызванных потенциалов с временными и расчетными показателями суппортметрии, свидетельствующие о сенсомоторной интеграции на уровне кортикальной иррадиации правого, доминантного полушария на фоне сравнительно низкого уровня суммарной межсистемной скоррелированности. Это подтверждается и корреляционными взаимоотношениями латентностей, описанными нами в предыдущей работе [19].

При поступлении сенсорного стимула справа среди характеристик возбуждения, зарегистрированных контрлатерально, наибольший вклад в организацию двигательной активности на стволовом уровне, в соответствии с физиологической интерпретацией происхождения компонентов АСВП, вносит интенсивность распространения возбуждения по восходящим волокнам ростральной части моста, боковой петле и в нижних буграх четверохолмия [4, 8, 10]. Ипсилатерально к процессу бимануальной координации присоединяются дистальная и проксимальная части слухового нерва, а также перекодирование информации в кохлеарных ядрах [4, 8]. Характер связей позволяет предположить, что чем выше активность этих структур, тем более длительно и осторожно выполняется двигательное задание. Это обстоятельство за счет малого количества ошибок по-

ложительно сказывается на общем уровне координации, выражаемом ИПК. Общий суммарный уровень скоррелированности свидетельствует о значении латерализации поступления стимула. Очевидно, что активность указанных структур может быть обусловлена как латерализацией поступления стимула, так и скоростью распространения сенсорной информации к вышележащим структурам и, особенно, на уровне ростральной части моста [19].

У женщин вклад в сенсомоторную интеграцию вносит активность слуховой части четверохолмия одноименной стороны, вызванная стимуляцией слева. Как и у мужчин, у них выражена активность медиального коленчатого тела, вероятно, как уровня переключения сигнала [8]. Контрлатерально наблюдается практически равномерная градация снижения вклада активности элементов сенсорной системы в процесс координации от дистальной части слухового нерва к уровню таламо-кортикальной иррадиации. В тоже время, свое относительное значение сохраняют нижние бугры четверохолмия, что может указывать на значение латерализации поступления звука [9, 21]. Однако общий уровень суммарной многосторонней скоррелированности свидетельствует и о доминировании правой части стволового уровня слуховой сенсорной системы. Характер выявленных прямолинейных взаимосвязей определяет больший удельный вес показателей дефекта выполнения задания, чем у мужчин.

Активация стволовой части акустической сенсорной системы, вызванная правосторонней стимуляцией в контрлатеральных структурах, также определяется преимущественно активностью слуховой части четверохолмий. Она же вносит больший вклад в реализацию произвольной двигательной активности рук. Ипсилатерально большее значение имеет активность боковой петли и медиального коленчатого тела, очевидно, как уровня переключения и перекодирования слуховой сенсорной информации. Суммарная скоррелированность при этом не выявила доминирования одной из сторон проводникового отдела в обеспечении движений.

Таким образом, проведенное нами исследование свидетельствует о том, что независимо от пола стимуляция как доминантного, так и субдоминантного сенсорного входа приводит к выраженной интеграции уровней активности элементов правой части проводникового отдела слуховой сенсорной системы. При этом у мужчин, в отличие от женщин, поступление сенсорной информации через правое ухо вызывает более выраженную взаимоактивацию ипсилатеральных структур. При рассмотрении межсистемных корреляционных взаимоотношений значений амплитуд

АСВП с показателями суппортметрии выявлено ведущее значение в сенсомоторной интеграции латерализации поступления сенсорного стимула у мужчин справа, у женщин – слева. Слуходвигательная координация у мужчин и женщин имеет сходный характер и свидетельствует о роли слуховых волокон в ростральной части моста и боковой петли во вкладе в активацию вышележащих структур. Однако описанные корреляционные связи подтверждают различия механизмов реализации бимануальных движений, уровень которых меньше у женщин. При этом у мужчин регуляция реализуется по «прогнозированию» за счет выраженной сонастройки компонентов слуходвигательной программы, а у женщин – по «возмущению», по факту произошедшего сбоя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батуев А.С., Таиров О.П. Мозг и организация движений. Концептуальные модели. – Л.: Наука, 1978. – 139 с.
2. Батуев А.С., Куликов Г.А. Нейрофизиологические механизмы акустической сигнализации // Физиология человека. – 1979. – Т. 5, № 5. – С. 899–912.
3. Батуев А.С., Бабминдра В.П. Модульная организация коры головного мозга // Биофизика. – 1993. – Т. 38, вып. 2. – С. 351–355.
4. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. – М.: МЕДпресс-информ, 2003. – 246 с.
5. Демина Л.Д., Хомская Е.Д. О межполушарной асимметрии зрительных вызванных потенциалов в условиях произвольного и непроизвольного внимания // Физиология человека. – 1976. – Т. 2, № 5. – С. 783–789.
6. Завьялов А.В. Корреляция функций организма. – М.: Медицина, 1990. – 159 с.
7. Завьялов А.В., Зайцева Г.Н. Аудиокинестетические взаимоотношения и время простой двигательной реакции на слуховой и кинестетический стимулы // Физиология человека. – 1980. – Т. 6, № 6. – С. 43–51.
8. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней: рук-во для врачей. – М.: Медпресс-информ, 2004. – 578 с.
9. Королькова Т.А., Кориневский А.В., Куликов М.А. О латерализации реакций на звук в больших полушариях головного мозга // Физиология человека. – 1981. – Т. 7, № 2. – С. 349–352.
10. Куликов Г.А. Слух и движение. Физиологические основы слуходвигательной координации. – Л.: Наука, 1989. – 198 с.
11. Куликов Г.А. Кортикальные механизмы сенсорной организации целенаправленных движений // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 1994. – Т. 80, № 9. – С. 101–107.
12. Куликов Г.А. Принцип доминанты и кортикальные механизмы слуходвигательной координации // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2000. – Т. 86, № 8. – С. 961–967.

13. Плохинский Н.А. *Биометрия*. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – 230 с.
14. Сологуб Е.Б. Кортикальная регуляция движений человека. – Л.: Медицина, 1981. – 184 с.
15. Ткаченко П.В. Уровни бимануальной координации и некоторые дифференциально-психофизиологические аспекты двигательной активности // Курский науч.-практич. вестн. «Человек и его здоровье». – 2006. – № 4. – С. 17–23.
16. Ткаченко П.В. Корреляционные взаимоотношения межполушарной асимметрии амплитудно-временных характеристик компонентов зрительных вызванных потенциалов и показателей уровня бимануальной координации движений // Вестн. новых медицинских технологий. – 2008. – Т. XV, № 3. – С. 180–182.
17. Ткаченко П.В., Бобынцев И.И. Закономерности внутрисенсорных и сенсорно-эффекторных корреляционных взаимоотношений временных характеристик зрительных вызванных потенциалов с показателями бимануальной координации // Курский науч.-практич. вестн. «Человек и его здоровье». – 2009. – № 1. – С. 21–29.
18. Ткаченко П.В., Бобынцев И.И. Закономерности внутрисенсорных и сенсорно-эффекторных корреляционных взаимоотношений амплитудных характеристик зрительных вызванных потенциалов с показателями бимануальной координации // Курский науч.-практич. вестн. «Человек и его здоровье». – 2009. – № 2. – С. 31–38.
19. Ткаченко П.В., Бобынцев И.И. Закономерности устойчивых внутрисенсорных и сенсорно-эффекторных корреляционных взаимоотношений латентностей акустических стволовых вызванных потенциалов с показателями произвольных целенаправленных движений рук // Курский науч.-практич. вестн. «Человек и его здоровье». – 2009. – № 4. – С. 30–38.
20. Allison T., Wood C.C., Goff W.R. Brain stem auditory, pattern-reversal visual and short-latencies somatosensory evoked potentials: latencies in relation to age, sex and brain and body size // *Electroencephalogr. Clin. neurophysiol.* – 1983. – Vol. 55. – P. 619–636.
21. Chiappa K.H. *Evoked potentials in clinical medicine*. – N-Y.: Raven Press, 1989. – 349 p.