

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ЛАТЕНТНОСТЕЙ КОМПОНЕНТОВ ЗРИТЕЛЬНЫХ И СЛУХОВЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

© Ткаченко П.В., Бобынцев И.И.¹

Кафедра нормальной физиологии, ¹ кафедра патофизиологии
Курского государственного медицинского университета, Курск
E-mail: PWTKacenko@rambler.ru

Методом корреляционного анализа исследованы устойчивые взаимоотношения латентностей зрительных вызванных потенциалов на вспышку света и слуховых акустических вызванных потенциалов. Установлено, что уровень и направленность корреляционных связей определяются латерализацией нанесения сенсорного стимула и зависят от пола испытуемых с выраженным значением левосторонней стимуляции у мужчин и правосторонней у женщин. Установленные положительные корреляционные связи свидетельствуют о взаимном облегчении распространения возбуждения на различных уровнях, а обратные направленные характеризуют реципрокные взаимоотношения центральных структур, относящихся к разным сенсорным системам, на уровне ретикулярной формации ствола и среднего мозга при распространении возбуждения разной модальности и билатеральной его иррадиации. Выявленные особенности корреляционных связей свидетельствуют о различных механизмах межсенсорной интеграции с выраженной детерминированностью у испытуемых женского пола.

Ключевые слова: сенсорные вызванные потенциалы, межсенсорное взаимодействие, корреляция.

RELATIONSHIP OF LATENCIES OF COMPONENTS OF THE VISUAL AND ACOUSTICAL EVOKED POTENTIALS

Tkachenko P.V., Bobyntsev I.I.¹

Normal Physiology Department, ¹ Pathophysiology Department of Kursk State Medical University, Kursk

The interrelations of latencies of the visual evoked potentials to light flash and acoustic evoked potentials have been studied by the correlated analysis method. The level and directivity of correlated connections are determined by lateralization of applying the sensory stimulus and depend on the gender of subjects with the expressed value of the left-side stimulation in men and right-side in women. The positive correlations indicate the mutual facilitation of spreading the excitation at different levels, and negative ones characterize the reciprocal relationships of the central structures in different sensor systems, at the level of reticular formation of the brain stem and the midbrain in spreading the excitation of different modalities and its bilateral irradiation. The revealed features of the correlations indicate the various mechanisms of intersensory integration with the expressed determinacy in females.

Keywords: sensory caused potentials, intersensory interaction, correlation.

Известно, что основой деятельности функциональной системы является афферентный синтез, который обеспечивается поступлением информации по каналам сенсорных систем [5]. Передача, обработка информации и формирование функциональных состояний осуществляются в центральной нервной системе на основе различных физиологических процессов, которые могут быть оценены посредством анализа корреляционных связей [2]. В ряде исследований установлены количественные характеристики сопряженности уровней функционального состояния сенсорных систем [4]. Полученные в них данные также свидетельствуют о том, что величина и соотношение уровней функционального состояния компонентов системы определяют величину (степень выраженности) и направленность (облегчение или торможение) реакции каждого анализатора на сигналы, поступающие через сенсорные входы. Следовательно, межсенсорная корреляция является выражением их сонастройки и сопряженно-

сти, обеспечивающих согласованную реакцию всех компонентов системы на раздражение, определяя картину многокомпонентной системной реакции [2].

Функциональными индикаторами центральных афферентных процессов являются вызванные потенциалы [6, 8], поэтому корреляция их компонентов может отражать настройку, сонастройку и сопряженность структур центральной нервной системы при внутри- и межсенсорных процессах. В наших предыдущих работах были установлены особенности внутрисенсорной корреляции латентностей компонентов зрительных вызванных потенциалов на вспышку света (ЗВПВ) и акустических стволовых вызванных потенциалов (АСВП), определяющие уровень бимануальной координации. Однако межсенсорные корреляционные взаимоотношения характеристик компонентов вызванных потенциалов остаются малоизученным вопросом. Целью данного исследования являлось выяснение особенностей взаимо-

действия зрительной и слуховой сенсорных систем в зависимости от латерализации поступления сенсорного стимула и пола испытуемых.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании на основе добровольного информированного согласия приняли участие 74 человека (38 мужчин и 36 женщин) в возрасте от 18 до 20 лет.

Зрительные вызванные потенциалы на вспышку света (ЗВПВ) и акустические стволовые вызванные потенциалы (АСВП) регистрировали на нейромьюоанализаторе НМА-4-01 «Нейромиан» («Медиком МТД», Россия) с соответствующим программным обеспечением.

ЗВПВ регистрировали в отведениях О1 и О2 по международной системе «10-20%» однополярными электродами, референтные электроды фиксировали ипсилатерально на мочках ушей. Стимуляцию в виде вспышки светодиодной матрицы, вставленной в специальные очки, производили монокулярно при закрытых глазах. Частота стимуляции составила 0,3 Гц с нулевой задержкой длительностью 4 мс субмаксимальной интенсивности. Использовали фильтры низкой (1 Гц) и высокой (100 Гц) частоты, при этом производилась режекция артефакта по амплитуде в диапазоне 50-100 мкВ. Эпоха анализа составила 500 мс при количестве усреднений 100. Регистрируемые вызванные потенциалы включали в себя ранние (N1, P1, N2, P2) и поздние (N3, P3, N4) компоненты, оцениваемые по амплитуде. АСВП регистрировали в отведениях С3 и С4 однополярными электродами, которые накладывали по международной системе «10-20%». Референтные электроды фиксировали ипсилатерально на мочках ушей, заземляющий – на запястье. В качестве стимула применяли двухфазный (сжатие-растяжение) акустический сигнал-щелчок огибающей прямоугольной формы, что способствовало подавлению артефакта стимула и уменьшению миогенной составляющей ответа. Стимуляцию производили монаурально через наушники. Определяли индивидуальный порог слышимости в децибелах пикового эквивалента уровня звукового давления. Длительность стимуляции составляла 0,1 мс, частота - 10,9 Гц с нулевой задержкой, интенсивность - 70 дБ над индивидуальным порогом слышимости. Использовали фильтры низкой (100 Гц) и высокой (5 кГц) частот, режекция артефакта по амплитуде производили в диапазоне 20 мкВ. Эпоха анализа составила 10 мс при количестве усреднений 2000 с учетом количества режекций. Чувствительность исходных сигналов составляла 20 мкВ/д, после усреднения – 0,5 мкВ/д. Регист-

рируемые вызванные потенциалы включали в себя семь (I-VII) позитивных пиков и оценивались по амплитуде [1, 3].

При статистической обработке вычисляли коэффициенты прямолинейной корреляции (r), характеризующие взаимосвязи между значениями компонентов ЗВПВ и АСВП. Для оценки значимости компонента рассчитывали коэффициент суммарной многосторонней скоррелированности как Σr без учета знака [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем исследовании средние значения латентностей компонентов вызванных потенциалов соответствовали нормативным значениям, представленным в специальной литературе [1,3].

Корреляционные сопоставления рассматриваемых характеристик, зарегистрированных в соответствующих отведениях при латерализации поступления сенсорного стимула слева и справа, позволили сформировать корреляционные системы, включающие в себя латентности вызванных потенциалов, зарегистрированных ипси- и контрлатерально относительно стороны поступления сенсорного стимула.

Следует отметить, что уровень многосторонней суммарной скоррелированности латентностей компонентов ЗВПВ и АСВП может определяться как прямолинейной, так и криволинейной корреляцией. Однако однозначная трактовка может быть дана только прямолинейным связям, анализ которых и предпринят в данной работе.

В табл. 1 представлены результаты межсистемной прямолинейной корреляции рассматриваемых характеристик вызванных потенциалов. В группе мужчин при левосторонней стимуляции сенсорных входов в системе О1-С3 (ипсилатеральные стороне стимуляции отведения) наибольшей скоррелированностью характеризуются латентности компонентов P2 ($\Sigma r=0,815$) и VI ($\Sigma r=0,754$). При этом связи этих показателей носят как прямолинейный, так и криволинейный характер в зависимости от пар корреляционного сопоставления. В системе О1-С4 выявлены две прямолинейные обратнаправленные связи. Наиболее скоррелированной является латентность компонента N3 ($\Sigma r=0,672$), отрицательно взаимосвязанная со значениями латентностей IV и VII АСВП. В корреляционной системе О2-С3 максимально тесно коррелирует значение латентности компонента VII ($\Sigma r=0,646$) слуховых ВП за счет отрицательных взаимоотношений с N1 и P1 ЗВПВ. В системе отведений О2-С4 (контрлатеральных стороне стимуляции) наибольшей суммарной скоррелированностью характеризуется

Таблица 1

Межсистемная корреляция латентностей компонентов ЗВПВ и АСВП, зарегистрированных при стимуляции слева и справа в группах испытуемых мужского и женского пола

| Компо- ненты | Стимуляция слева | | | | | | | |
|-----------------|---|---------------------------|---|---|---------------------------|---------------------------|--|---|
| | P0 | N1 | P1 | N2 | P2 | N3 | P3 | N4 |
| I | 0,342±0,15 ^{1ж} | 0,356±0,15 ^{1ж} | | | | | | -0,555±0,14 ^{4м} |
| II | | | | | 0,438±0,15 ^{1м} | | | -0,327±0,15 ^{4м} |
| III | | | | | | | | |
| IV | | | | | -0,324±0,15 ^{2ж} | -0,331±0,15 ^{2м} | -0,352±0,15 ^{3м} | |
| V | | | | | | | | |
| VI | 0,321±0,15 ^{3м} | | | | -0,377±0,15 ^{1м} | | | 0,377±0,15 ^{1м} -0,321±0,15 ^{2ж} |
| VII | | -0,322±0,15 ^{3м} | -0,321±0,15 ^{1м} -0,324±0,15 ^{3м} | -0,324±0,15 ^{1м} | | -0,341±0,15 ^{2м} | -0,371±0,15 ^{4м} | |
| | Стимуляция справа | | | | | | | |
| I | | | | | -0,347±0,15 ^{1ж} | | 0,342±0,15 ^{3ж} | 0,351±0,15 ^{3ж} |
| II | | -0,402±0,15 ^{2м} | -0,454±0,15 ^{2м} | -0,480±0,14 ^{2м} | -0,341±0,15 ^{1ж} | | | 0,388±0,15 ^{3ж} |
| III | | | | | | | -0,321±0,15 ^{1м} -0,335±0,15 ^{2м} | -0,324±0,15 ^{3м} |
| IV | | | | | | | | -0,343±0,15 ^{3ж} |
| V | | | | | | | -0,347±0,15 ^{2м} | |
| VI | -0,341±0,15 ^{2ж} 0,351±0,15 ^{4ж} | | | | | | -0,321±0,15 ^{2м} | |
| VII | 0,337±0,15 ^{3ж} | 0,459±0,15 ^{3ж} | 0,425±0,15 ^{1ж} -0,479±0,15 ^{2ж} 0,405±0,15 ^{3ж} | 0,376±0,15 ^{1ж} -0,443±0,15 ^{2ж} 0,418±0,15 ^{3ж} | | | | 0,318±0,15 ^{4м} |

Примечание: приведены только достоверные коэффициенты прямолинейной корреляции; ¹ – система O1-C3, ² – система O1-C4, ³ – система O2-C3, ⁴ – система O2-C4; ^м – мужчины, ^ж – женщины.

латентность компонента N4 ($\Sigma r=0,882$), и все выявленные корреляционные связи носят обратный направленный характер.

В случае нанесения стимула на правые зрительные и слуховые сенсорные входы в системе O1-C3 (контрлатеральные отведения) установлена единственная корреляция, как и в системах O2-C3 и O2-C4. При этом характерно участие латентностей компонентов P3, N4 ЗВПВ и III, VII АСВП. Корреляционная картина в системе отведений O1-C4 проявилась наибольшей теснотой суммарной взаимосвязи латентностей P3 ($\Sigma r=1,003$) и II ($\Sigma r=1,336$) и отрицательными коэффициентами корреляции во всех случаях.

У испытуемых женского пола при стимуляции левых сенсорных входов в системе O1-C3 установлены две положительные корреляции и наибольшей суммарной скоррелированностью среди значений латентностей вызванных потенциалов характеризуется I ($\Sigma r=0,698$). В системе O1-C4 две обратноразнонаправленные корреляционные связи. При сопоставлении значений латентностей в системах отведений O2-C3 и O2-C4 прямолинейные корреляционные взаимосвязи отсутствовали.

При правосторонней стимуляции в контрлатеральной системе отведений O1-C3 наибольшей теснотой взаимосвязи обладают латентности компонентов P2 ($\Sigma r=0,688$) за счет отрицательных корреляций и VII ($\Sigma r=0,801$) за счет положительных взаимосвязей. В O1-C4 латент-

ность компонента VII, как и в предыдущей системе, характеризуется наибольшей суммарной скоррелированностью ($\Sigma r=0,922$) но обусловленной исключительно криволинейными связями. В системе отведений O2-C3 латентность седьмого компонента АСВП также максимально суммарно скоррелирована ($\Sigma r=1,619$) за счет прямолинейных взаимосвязей с ранними компонентами ЗВПВ. Здесь же обращает на себя внимание высокий уровень многосторонних взаимоотношений латентности компонента N4 ($\Sigma r=1,082$). В системе O2-C4 имеется единственная прямолинейная корреляция.

Анализ значения латерализации нанесения стимулов и гендерных различий межсенсорной интеграции (рис. 1) показал, что у мужчин наибольшую тесноту корреляционных взаимоотношений латентностей компонентов ЗВПВ и АСВП вызывает правосторонняя стимуляция. При этом наибольший уровень взаимосвязи наблюдается между латентностями, зарегистрированными в ипсилатеральных отведениях. Правосторонняя стимуляция генерирует практически противоположную картину где на фоне значительно более меньшего уровня многосторонней скоррелированности максимально взаимосвязаны латентности в системе O1-C4.

У испытуемых женского пола (рис.1) максимальный уровень межсенсорной интеграции по данным проведенного корреляционного анализа

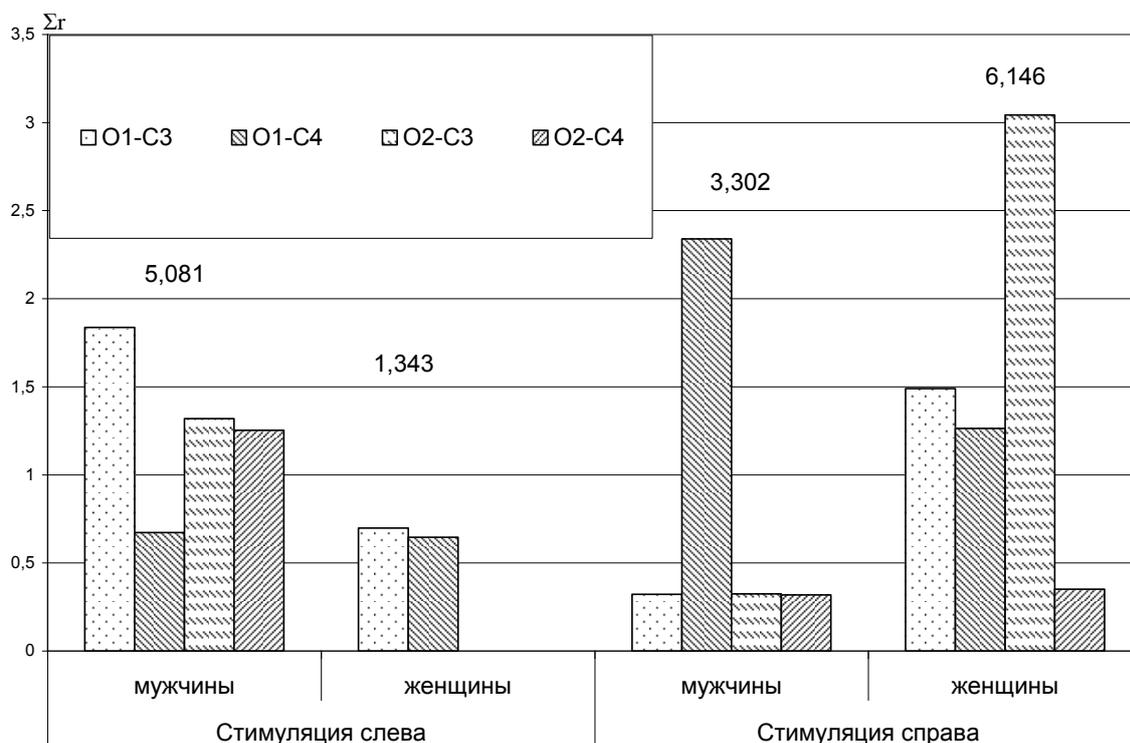


Рис. 1. Суммарная многосторонняя скоррелированность латентностей компонентов ЗВПВ и АСВП в системах отведений в группах мужчин и женщин в зависимости от стороны стимуляции.

Примечание: цифрами обозначена Σr в системах.

отмечен при стимуляции правых сенсорных входов.

Поскольку латентности компонентов вызванных потенциалов отражают скорость распространения сенсорного возбуждения и в определенной степени выражают функциональное состояние компонентов системы [8, 9]. Кроме того, показатели временной интеграции в значительной степени характеризует центральные процессы при разномодальной межсенсорной интеграции.

Представленные результаты корреляционного анализа свидетельствуют о том, что латентности компонентов ЗВП и АСВП взаимосвязаны между собой. Взаимоотношения рассматриваемых показателей в группах испытуемых носят разнонаправленный характер с положительными и отрицательными прямолинейными корреляционными связями. В то же время нами выявлены их особенности, определяемые латерализацией поступления сенсорного стимула, модальностью раздражителя и полом испытуемых.

Так, у мужчин при поступлении зрительного и слухового сенсорных стимулов через субдоминантные (левые) сенсорные входы наиболее выраженные взаимодействия значений латентностей вызванных потенциалов наблюдаются в ипси-ипсилатеральной корреляционной системе. Это, вероятно, свидетельствует о значении входного канала и подтверждается исследованиями информационной составляющей компонентов ЗВП. Исходя из представлений о физиологическом проис-

хождении компонентов вызванных потенциалов [3], можно предположить, что в зрительной сенсорной системе наряду с неоспоримым значением специфических и неспецифических таламических структур выраженную роль в зрительно-слуховом взаимодействии играют ядра стриарного и неспецифические системы лимбико-ретикулярного комплексов. В слуховой сенсорной системе на стволовом уровне в межсенсорных отношениях участвуют структуры продолговатого мозга, а также медиальное колленчатое тело и начало таламо-кортикальной иррадиации возбуждения. В то же время анализ внутрисенсорных взаимоотношений свидетельствует о значении латеральной петли [8]. Выявленные связи носят как прямо направленный, так и обратно направленный характер, что указывает на сложную сонастройку распространения возбуждения при межсенсорном взаимодействии. Очевидно, что прямолинейные отрицательные корреляции, могут отражать реципрокные взаимоотношения при распространении возбуждения в нервных структурах, относящихся к различным сенсорным системам, в то время как положительные – взаимное облегчение.

У испытуемых женского пола межсенсорные взаимоотношения, вызванные левосторонней стимуляцией, имеют ряд существенных особенностей. Так, наиболее скоррелированными являются ипси-ипсилатеральная система O1-C3 и система O1-C4 при отсутствии взаимосвязей в остальных. Это, возможно, свидетельствует о

значении билатеральной иррадиации сенсорной информации и ее эффективном дублировании, что подтверждается нашими предыдущими исследованиями. В данном случае положительные взаимосвязи в ипсилатеральной системе между ранними компонентами рассматриваемых вызванных потенциалов, вероятно, свидетельствуют о взаимном облегчении распространения информации в обеих сенсорных системах на уровне зрительного и слухового нервов. Обратные направленные корреляционные взаимоотношения латентностей в О1-С4 позволяют предполагать межсенсорную синхронизацию на основе реципрокности на уровне таламуса, в котором сконцентрирован основной массив информации с минимальной избыточностью, что может быть связано с особенностями кодирования разномодальной сенсорной информации.

При поступлении сенсорной информации через доминантные правые входы зрительной и слуховой сенсорных систем зарегистрированные латентности соответствующих вызванных потенциалов коррелируют следующим образом. У мужчин рассмотренные корреляционные системы характеризуются снижением общей скоррелированности по сравнению с левосторонней стимуляцией. При этом наиболее выраженные взаимоотношения выявлены в системе О1-С4, тогда как остальные обнаруживают только по одной достоверной корреляционной связи. Данные факты свидетельствуют о важной роли сенсорного входа и билатеральной иррадиации возбуждения в межсенсорном взаимодействии, в которых могут участвовать неспецифические системы лимбико-ретикулярного комплекса и ритмогенные механизмы в ядрах таламуса, а в слуховой системе – кохлеарные ядра и билатеральный верхний оливарный комплекс, что может быть связано с преимущественным сублимбическим происхождением компонентов АСВП [1, 7, 8]. Выявленные обратные направленные прямолинейные связи свидетельствуют о реципрокных взаимоотношениях центральных структур, относящихся к разным сенсорным системам, на уровне ретикулярной формации ствола и среднего мозга при распространении возбуждения разной модальности и билатеральной его иррадиации.

У женщин характер корреляционных связей рассматриваемых латентностей, зарегистрированных при стимуляции справа, в значительной степени отличается как от таковой у мужчин, так и от полученной при левосторонней стимуляции. В частности, наиболее скоррелированной в отличие от мужчин является система отведений О2-С3. Кроме того, правосторонняя стимуляция вызывает максимальный уровень многосторонней скоррелированности среди всех рассмотренных

систем. При этом очевидно, что со стороны зрительной сенсорной системы синхронизация распространения информации осуществляется на таламическом уровне с участием ритмогенных механизмов в ядрах, особенно в наиболее скоррелированной системе. Вероятно, что феномены облегчения иррадиации и реципрокного преимущества распространения зрительной или слуховой информации могут зависеть от сопоставления значений латентностей, зарегистрированных в ипсилатеральных отведениях, а также от значения сенсорной системы, что согласуется с результатами наших предыдущих исследований.

На основании полученных данных можно заключить, что уровень и направленность корреляционных взаимоотношений латентностей компонентов рассматриваемых вызванных потенциалов находится в зависимости от латерализации поступления сенсорного стимула и пола испытуемых. У мужчин выраженная межсенсорная интеграция наблюдается при левосторонней стимуляции, что может быть обусловлено субдоминантностью входов и компенсаторным усилением связей. У женщин наибольший уровень интегративных процессов наблюдается при стимуляции правых, доминантных каналов. Установленные в работе характер и теснота корреляционных связей свидетельствуют о различных стратегиях межсенсорной интеграции при большей ее детерминированности у женщин.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гнездицкий В.В.* Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. – М.: МЕДпресс-информ, 2003. – 246 с.
2. *Завьялов А.В.* Соотношение функций организма. – М.: Медицина, 1990. – 159 с.
3. *Зенков Л.Р., Ронкин М.А.* Функциональная диагностика нервных болезней: рук-во для врачей. – М.: МЕДпресс-информ, 2004. – 578 с.
4. *Иваницкий А.М., Илюченко И.Р., Иваницкий Г.А.* Избирательное внимание и память – вызванные потенциалы при конкуренции зрительных и слуховых словесных сигналов // Журн. высш. нерв. деятельности им. И.П. Павлова. – 2003. – Т. 53, № 5. – С. 541-551.
5. *Судаков К.В.* Системная организация функций человека: теоретические аспекты // Успехи физиол. наук. – 2000. – Т. 31, № 1. – С. 1-17.
6. *Хасабов Г.А.* Вызванные ответы: пространственно-физиологические характеристики и проблема их функциональной оценки // Успехи физиол. наук. – 1996. – Т. 27, №1. – С. 61-79.
7. *Хачунц А.С., Ваганян Л.Г., Багдасарян Р.А., Билян Р.Н., Костанян Э.Г., Манасян К.А., Татевосян И.Г., Татевосян Н.Э.* Спектральная характеристика коротколатентных слуховых вызванных потенциалов // Физиол. человека. – 2000. – Т. 26, № 1. – С. 124-129.

8. *Liegeois-Chauvel C., Musolino A., Badier J.M., Marquis P., Chauvel P.* Evoked potentials recorded from the auditory cortex in man: evaluation and topography of the middle latency components // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* – 1994. – Vol. 92. – P. 204-214.