

# ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.821

DOI 10.23648/UMBJ.2018.30.14053

## АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МОЗГА У СТУДЕНТОВ С ВЫСОКИМИ И НИЗКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ УМСТВЕННОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

М.В. Яценко<sup>1</sup>, Л.К. Каменек<sup>2</sup><sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул, Россия;<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Россия

e-mail: e.yatsenko@mail.ru

*Цель работы – анализ функционального состояния мозга у студентов с высокими и низкими показателями умственной работоспособности.*

*Материалы и методы.* В исследовании добровольно приняло участие 183 студента – девушки в возрасте 19–22 лет. В начале исследования проводилась запись ЭЭГ с помощью прибора «Энцефалан 131-03», затем студентами выполнялась корректурная проба.

*Результаты.* В ходе проведения исследования были выделены группы испытуемых с высокими и низкими показателями умственной работоспособности, в которых был проведен факторный анализ. У испытуемых, показавших высокий объем умственной работы, исходное состояние нервной системы характеризовалось зависимостью уровня активности коры головного мозга от входящих влияний на кору таламуса и гиппокампа, сбалансированностью процессов возбуждения и торможения в коре головного мозга; у испытуемых, показавших высокую скорость умственной работы, – связью уровня активности коры головного мозга с согласованными влияниями на кору головного мозга как со стороны гиппокампа, так и со стороны таламуса, сбалансированностью процессов возбуждения и торможения в коре головного мозга. Высокая точность работы обеспечивалась оптимальным уровнем таламокортикальных влияний, которые более значимы, чем механизмы гиппокампа.

*Выводы.* Сравнительный анализ результатов факторного анализа позволил сделать заключение о том, что низкие и высокие значения умственной работоспособности обусловлены разными функциональными состояниями. Качественные и количественные показатели умственной работоспособности обеспечиваются разными нейрофизиологическими механизмами, основанными на корково-подкорковом взаимодействии и выраженности процессов возбуждения и торможения.

**Ключевые слова:** электроэнцефалограмма, умственная работоспособность, студенты, факторный анализ.

**Введение.** Исследования, посвященные изучению механизмов обеспечения умственной деятельности человека, в настоящее время приобретают все большую актуальность. Это обусловлено смещением акцента трудовой деятельности человека в сторону преобладания умственного труда. Особую актуальность данные исследования приобретают в аспекте изучения умственной работоспособности в группе студентов, так как в этот пе-

риод молодые люди сталкиваются с большой информационной нагрузкой.

Во время умственной нагрузки формируется функциональное состояние, которое обеспечивает оптимальный уровень работоспособности. Функциональное состояние определяют как фоновую активность нервных центров, при которой и реализуется та или иная деятельность человека. При этом уровень активности нервных центров, коры го-

ловного мозга и системная деятельность мозга находят отражение в характеристиках биоэлектрической активности [1–4].

Имеются данные о взаимосвязи показателей умственной работоспособности, свойств нервной системы и с частоты альфаритма в исходном состоянии [5–9]. Кроме этого, обнаружены различия в пространственно-временной организации биоэлектрической активности мозга у лиц, различающихся результативностью выполнения задач [5, 9, 11–15]. Но несмотря на множество работ по данной тематике, имеют место противоречивые сведения об ЭЭГ-коррелятах умственной работоспособности.

Актуальность и недостаточная теоретическая и экспериментальная проработка проблемы обеспечения эффективной умственной работоспособности послужили предпосылкой для проведения настоящего исследования.

**Цель исследования.** Анализ функционального состояния мозга у студентов с высокими и низкими показателями умственной работоспособности.

**Материалы и методы.** В исследовании добровольно приняло участие 183 студента: девушки в возрасте 19–22 лет. В начале исследования проводилась запись электроэнцефалограммы (ЭЭГ), затем студентами выполнялась корректурная проба.

Регистрация ЭЭГ осуществлялась с помощью прибора «Энцефалан 131-03» («Медиком», Россия) от 21 отведения, монополярно, по международной системе 10-20, в положении сидя, в состоянии спокойного бодрствования при открытых и закрытых глазах. Референтные электроды крепились к мочкам ушей.

Для дифференциации артефактов ЭЭГ одновременно проводилась регистрация вертикальной и горизонтальной электроокулограмм, электрокардиограммы и электромиограммы. Регистрировались четыре основных диапазона составляющих ЭЭГ: дельта 0,3–4 Гц, тета 4–8 Гц, альфа 8–13 Гц, бета 13–30 Гц. Длительность анализируемых участков ЭЭГ составляла 15–20 с. С использованием программного обеспечения прибора по всем каналам в диапазоне от 0,3 до 30 Гц определялись следующие характеристики ритмов электроэнцефалограммы:

- абсолютные значения амплитуд (АЗА) по выбранным частотным диапазонам (мкВ);
- абсолютные значения мощностей (АЗМ) – площадь под соответствующим участком спектрограммы по выбранным частотным диапазонам (мкВ<sup>2</sup>/Гц);
- значения доминирующих частот (ЗДЧ) по выбранным частотным диапазонам – частоты, соответствующие максимуму на участке спектрограммы (Гц);
- индексы альфа-, бета-, дельта- и тета-ритмов, отражающие выраженность данных частотных компонентов в ЭЭГ.

Проводилась оценка умственной работоспособности с помощью буквенных таблиц Бурдона–Анфимова [16]. Рассчитывались следующие показатели:

- объем обработанной информации (V – количество просмотренных букв);
- скорость обработки информации (S – количество просмотренных букв за одну минуту);
- точность (ПТ = количество зачеркнутых букв / (количество зачеркнутых букв + количество ошибок)).

Продолжительность корректурной пробы составляла 2 мин, при этом показатель объема определялся за всё время проведения пробы, а показатель скорости – только за вторую минуту, чтобы исключить влияние на результат эффекта вработывания.

Статистическая обработка материалов проводилась с помощью пакета программ SSPS v.13.

**Результаты и обсуждение.** В ходе проведения исследования испытуемые продемонстрировали разный уровень количественных и качественных характеристик умственной работоспособности. В итоге были выделены группы испытуемых с высокими и низкими показателями умственной работоспособности, в которых был проведен факторный анализ с целью сравнения исходного функционального состояния нервной системы, обеспечивающего разную эффективность умственной деятельности.

Факторный анализ ЭЭГ-характеристик группы лиц с низким объемом работоспособности выявил четыре фактора, описывающих суммарно 70,3 % дисперсии выборки, а в

группе с высоким объемом умственной работы – три фактора, описывающих суммарно 80,2 % дисперсии выборки (табл. 1).

В первый фактор в группах как с высокими, так и с низкими показателями объема умственной работы вошли такие ЭЭГ-показатели, как индекс альфа, амплитуда, мощность, индекс бета-ритма, что можно интерпретировать как исходный уровень активации коры. По-видимому, высокий уровень активации является маркером снижения объема переработанной информации при выполнении теста на умственную работоспособность. Кроме того, в группе с высокими показателями объема и скорости в этот фактор с положительными факторными весами вошли такие показатели, как амплитуда, мощность, индекс тета-ритма.

Из литературы известно, что бета-ритм отражает уровень активации коры, а водитель

тета-ритма находится в гиппокампе [14, 17–19]. По-видимому, взаимосвязь активности пейсмекеров этих ритмов в исходном состоянии является условием успешной умственной работоспособности. Низкочастотные колебания тета-диапазона обеспечивают функциональную связь гиппокампа, префронтальной коры и полосатого тела во время воспоминания [20]. Таким образом, уровень исходной активности коры головного мозга и восходящих влияний на кору гиппокампа является значимым для успешной умственной деятельности.

Во второй фактор в группах как с высокими, так и с низкими показателями объема умственной работы вошли такие ЭЭГ-показатели, как амплитуда, мощность и индекс дельта-ритма. Этот фактор можно интерпретировать как исходный уровень торможения в коре головного мозга.

Таблица 1

**Результаты факторного анализа ЭЭГ-характеристик у лиц с низким и высоким объемом умственной работы по результатам теста Анфимова**

Низкий объем (V), суммарная дисперсия 70,3 %			
Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
<u>Альфа:</u> Индекс = 0,79 <u>Бета:</u> Амплитуда = 0,86 Мощность = 0,91 Индекс = 0,69	<u>Дельта:</u> Амплитуда = 0,84 Мощность = 0,80 Индекс = 0,63 Частота = -0,66	<u>Тета:</u> Амплитуда = 0,84 Мощность = 0,93 Индекс = 0,63	<u>Альфа:</u> Амплитуда = 0,61 Мощность = 0,63 Частота = 0,77
Дисперсия 27,9 %	Дисперсия 19,2 %	Дисперсия 12,7 %	Дисперсия 10,5 %
Высокий объем (V), суммарная дисперсия 80,2 %			
<u>Альфа:</u> Индекс = 0,69 <u>Бета:</u> Амплитуда = 0,81 Мощность = 0,76 Индекс = 0,73 <u>Тета:</u> Амплитуда = 0,83 Мощность = 0,89 Индекс = 0,85	<u>Альфа:</u> Амплитуда = -0,74 Мощность = -0,74 <u>Бета:</u> Частота = 0,69 <u>Дельта:</u> Амплитуда = 0,79 Мощность = 0,81 Индекс = 0,80 <u>Тета:</u> Частота = -0,65	<u>Альфа:</u> Частота = 0,80 <u>Дельта:</u> Частота = 0,73	
Дисперсия 39,2 %	Дисперсия 20,3 %	Дисперсия 11,6 %	

В группе с высокими показателями объема работы в этот фактор с положительным факторным весом вошла частота бета-ритма. По-видимому, исходный уровень сбалансиро-

ванности процессов возбуждения и торможения в коре головного мозга является значимым для обеспечения эффективной умственной работоспособности.

В третий фактор в группе с высокими показателями объема работы по сравнению с группой с низкими значениями этого показателя умственной работоспособности с положительным факторным весом вошла частота альфа- и дельта-ритмов. Согласно литературным данным, альфа-ритм имеет таламокортикальное происхождение [4, 9, 17, 18, 21]. При этом в каждой области коры он контролируется определенным ядром таламуса [22, 23]. Дельта-волны доминируют в состоянии сна, т.е. когда в коре мозга доминируют процессы торможения. Появление на электроэнцефалограмме дельта-ритма означает снижение коркового тонуса [1, 24]. Вероятно, снижение коркового тонуса до оптимальной величины является условием эффективной работоспособности.

В группе с низкими показателями объема работы по сравнению с группой с высокими значениями этого показателя с положительным факторным весом вошли амплитуда, мощность и индекс тета-ритма.

Тета-ритм тесно связан с эмоциональным и умственным напряжением [25–27]. Также

тета-ритм связывают с кратковременной памятью [9]. При выполнении мыслительных заданий может усиливаться и дельта-, и тета-активность [28]. Вероятно, исходный уровень нервно-психического напряжения имеет значение для обеспечения эффективной умственной деятельности.

В четвертый фактор в группе с низкими показателями объема работы с положительным факторным весом вошли показатели амплитуды, мощности, частоты альфа-ритма, который доминирует в состоянии спокойного бодрствования и определяется таламокортикальным взаимодействием. Вероятно, высокий уровень исходных таламокортикальных влияний на кору головного мозга является фактором риска снижения результативности умственной деятельности.

Факторный анализ ЭЭГ-характеристик группы лиц с низкой скоростью работы выявил четыре фактора, описывающих суммарно 70,8 % дисперсии выборки, а в группе испытуемых с высокой скоростью умственной работы – три фактора, описывающих суммарно 83,0 % дисперсии выборки (табл. 2).

Таблица 2

**Результаты факторного анализа ЭЭГ-характеристик у лиц с низкой и высокой скоростью умственной работы по результатам теста Анфимова**

Низкая скорость (S), суммарная дисперсия 70,8 %			
Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
<u>Альфа:</u> Индекс = 0,77 <u>Бета:</u> Амплитуда = 0,87 Мощность = 0,89 Индекс = 0,72	<u>Тета:</u> Амплитуда = 0,82 Мощность = 0,89 Индекс = 0,72	<u>Альфа:</u> Мощность = 0,67 Частота = 0,82	<u>Дельта:</u> Амплитуда = 0,75 Мощность = 0,69 Индекс = 0,60
Дисперсия 30,1 %	Дисперсия 17,9 %	Дисперсия 12,8 %	Дисперсия 10,1 %
Высокая скорость (S), суммарная дисперсия 83,0 %			
<u>Альфа:</u> Индекс = 0,63 <u>Бета:</u> Амплитуда = 0,79 Мощность = 0,74 Индекс = 0,78 <u>Тета:</u> Амплитуда = 0,87 Мощность = 0,93 Индекс = 0,85 Частота = 0,70	<u>Альфа:</u> Амплитуда = -0,90 Мощность = -0,87 <u>Дельта:</u> Амплитуда = 0,89 Мощность = 0,91 Индекс = 0,82	<u>Альфа:</u> Частота = 0,66 <u>Дельта:</u> Частота = 0,85	
Дисперсия 38,9 %	Дисперсия 25,9 %	Дисперсия 9,6 %	

В первый фактор в группах как с высокой, так и с низкой скоростью умственной работы вошли такие ЭЭГ-показатели, как индекс альфа, амплитуда, мощность, индекс бета-ритма, что можно интерпретировать как исходный уровень активации коры.

Кроме того, в группе студентов с высокими показателями скорости работы в этот фактор с положительными весами вошли такие показатели, как амплитуда, мощность, индекс тета-ритма. Этот фактор можно интерпретировать как отражающий исходную связь уровня активности коры головного мозга и восходящих влияний на кору гиппокампа и таламуса.

Во второй фактор в группе с высокими показателями скорости работы по сравнению с группой с низкими значениями этого показателя с положительным факторным весом вошли амплитуда, мощность и индекс дельта-ритма. Этот фактор можно интерпретировать как отражающий исходный уровень торможения или снижения коркового тонуса. В группе с низкими показателями скорости работы в этот фактор с положительными весами вошли такие показатели, как амплитуда, мощность, индекс тета. Этот фактор можно интерпретировать как исходный уровень нервно-психического напряжения.

В третий фактор в группе с высокими показателями скорости работы по сравнению с группой с низкими значениями этой особенности умственной работоспособности с положительными факторными весами вошли показатели частоты альфа- и дельта-ритмов. Как было отмечено выше, альфа-ритм имеет таламокортикальное происхождение. Известно также, что в электроэнцефалограмме человека можно выделить два типа дельта-ритма: генерируемый корой и генерируемый таламусом. Удаление таламуса, а также разделение коры и таламуса приводят к увеличению генерации дельта-ритма корой. Вероятно, дельта-ритм, генерируемый за счет внутрикоровых механизмов, связан с медленными процессами в пределах коры [29]. Этот фактор можно интерпретировать как отражающий сбалансированность таламокортикальных влияний.

Корректирующая проба, которую использовали в данном исследовании, ориентирована прежде всего на оценку произвольного вни-

мания человека. За селективное внимание отвечает таламокортикальная система, что подтверждают результаты факторного анализа. Неспецифические ядра таламуса отвечают как за активирующие, так и за тормозные влияния на кору головного мозга.

В группе с низкими показателями скорости работы в этот фактор с положительными весами вошли такие показатели, как мощность и частота альфа, что, по-видимому, отражает исходный уровень таламокортикальных влияний на активность головного мозга.

В четвертый фактор в группе с низкими показателями скорости работы в этот фактор с положительными весами вошли такие показатели, как амплитуда, мощность и индекс дельта-волн. Этот фактор можно интерпретировать как исходный уровень тормозных влияний на кору головного мозга. Данный фактор имеет сходство со вторым в группе с высокими показателями скорости работы.

Факторный анализ ЭЭГ-характеристик групп лиц с низким и высоким показателями точности выявил в обеих группах по 4 фактора (табл. 3).

В первом, втором и третьем факторах не было выявлено схожих показателей в сравниваемых группах.

В первый фактор в группе с высокой точностью работы с положительными весами вошли индекс альфа-ритма, амплитуда, мощность и индекс бета-ритма. Этот фактор свидетельствует, что чем выше в исходном состоянии уровень активности коры мозга, обусловленный таламокортикальным взаимодействием, тем выше точность работы. В то время как в группе с низкой точностью работы в первый фактор с положительными весами вошли амплитуда, мощность, индекс дельта-ритма и мощность тета-ритма. Это свидетельствует о том, что чем сильнее выражено торможение, тем больше ошибок совершают студенты при умственной деятельности.

Во второй фактор в группе с высокой точностью работы с положительными весами вошли такие показатели, как амплитуда, мощность и индекс тета, а с отрицательным весом – частота бета. А в группе с низкой точностью работы – амплитуда, мощность и индекс бета-ритма.

Таблица 3

**Результаты факторного анализа ЭЭГ-характеристик у лиц  
с низким и высоким показателями точности по результатам теста Анфимова**

Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
<b>Низкий показатель точности, суммарная дисперсия 80,7 %</b>			
<u>Дельта:</u> Амплитуда = 0,75 Мощность = 0,81 Индекс = 0,69 <u>Тета:</u> Амплитуда = 0,90 Мощность = 0,88	<u>Бета:</u> Амплитуда = 0,89 Мощность = 0,83 Индекс = 0,82	<u>Альфа:</u> Мощность = 0,74	<u>Альфа:</u> Частота = 0,88
Дисперсия 43,0 %	Дисперсия 20,2 %	Дисперсия 10,5 %	Дисперсия 7,0 %
<b>Высокий показатель точности, суммарная дисперсия 72,6 %</b>			
<u>Альфа:</u> Индекс = 0,79 <u>Бета:</u> Амплитуда = 0,82 Мощность = 0,88 Индекс = 0,67	<u>Бета:</u> Частота = -0,60 <u>Тета:</u> Амплитуда = 0,82 Мощность = 0,89 Индекс = 0,75	<u>Дельта:</u> Амплитуда = 0,86 Мощность = 0,80 Индекс = 0,69 Частота = -0,76	<u>Альфа:</u> Амплитуда = 0,64 Мощность = 0,73 Частота = 0,61
Дисперсия 30,9 %	Дисперсия 20,8 %	Дисперсия 11,8 %	Дисперсия 9,1 %

Известно, что ритмы тета-диапазона обеспечивают функциональную связь гиппокампа, префронтальной коры и полосатого тела во время воспоминания [20]. У человека выраженность тета-ритма в электроэнцефалограмме зависит от возраста, фона основной активности, а также степени умственного напряжения [10].

Выраженность бета-ритма возрастает при предъявлении нового неожиданного стимула, в ситуации внимания, при умственном напряжении, эмоциональном возбуждении [30]. По-видимому, выраженность бета-ритма выше некоторой оптимальной величины, что свидетельствует о повышенном уровне активации коры, является фактором риска снижения точности работы. При этом ведущими являются пейсмейкеры гиппокампа.

В третий фактор в группе с высокой точностью работы с положительными весами вошли амплитуда, мощность и индекс дельта-ритма, с отрицательным весом – частота этого ритма, что указывает на значимость процессов торможения в обеспечении высокой точности умственной работы. В группе с низкой точностью работы в третий фактор

с положительным весом вошла мощность альфа-ритма, т.е. уход таламокортикальных взаимодействий на третий план отрицательно отражается на точности работы.

В четвертый фактор как в группе с высокой, так и в группе с низкой точностью работы с положительным весом вошла частота альфа-ритма. В то же время в группе с высокой точностью в этот фактор вошли амплитуда и мощность альфа-ритма.

Таким образом, высокая точность работы обеспечивается оптимальным уровнем таламокортикальных влияний, которые более значимы, чем механизмы гиппокампа.

**Заключение.** Сравнительный анализ результатов факторного анализа позволил сделать заключение о том, что низкие и высокие значения умственной работоспособности обусловлены разными функциональными состояниями. Качественные и количественные показатели умственной работоспособности обеспечиваются разными нейрофизиологическими механизмами, основанными на корково-подкорковом взаимодействии и выраженности процессов возбуждения и торможения.

**Литература**

1. Данилова Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний. М.: Изд-во МГУ; 1992. 192.
2. Котляр Б.И. Пластичность нервной системы. М.: Изд. МГУ; 1986. 240.
3. Хасанова Л.Б. Индивидуально-типологические особенности синдрома дефицита внимания с гиперактивностью: психофизиологические предикторы: автореф. дис. ... канд. психол. наук. Уфа; 2004. 23.
4. Sherman S.M. Exploring the thalamus and its role in cortical function. Cambridge, MA: MIT Press; 2005. 497.
5. Коробейникова И.И. Связь результативности интеллектуальной тестовой деятельности человека с различными спектральными характеристиками альфа-ритма фоновой ЭЭГ. Тюменский медицинский журнал. 2014; 3 (16): 50–53.
6. Поликанова И.С., Сергеев А.В. Влияние длительной когнитивной нагрузки на параметры ЭЭГ. Национальный психологический журнал. 2014; 1: 86–94.
7. Hanslmayr S., Staudigl T. How brain oscillations form memories – a processing based perspective on oscillatory subsequent memory effects. Neuroimage. 2014; 85: 648–655.
8. Klimesch W. Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization. Int. J. Psychophysiol. 1996; 24: 61–100.
9. Klimesch W., Schack B., Sauseng P. The functional significance of theta and upper alpha oscillations. Exp. Psychol. 2005; 2 (52): 99–108.
10. Козлова И.Ю. Электроэнцефалографические корреляты успешности когнитивной деятельности: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб.; 2010. 23.
11. Литвинова Н.А. Роль индивидуальных психофизиологических особенностей студентов в адаптации к умственной и мышечной деятельности. Кемерово: Изд-во КемГУ; 2012. 168.
12. Bosel R. Slow alpha in the EEG power spectrum as an indicator for conceptual arousal. Z. Exp. Angew. Psychol. 1992; 39: 372–395.
13. Razoumnikova O.M. Functional organization of different brain areas during convergent and divergent thinking: an EEG investigation. Cognitive Brain Research. 2000; 10: 11–18.
14. Wankowski C.E. Hippocampal slow waves distribution and phase relationships in the course of approach learning. Arch. Neurob. Psychiat. 1973; 3: 74–90.
15. Yordanova J., Kolev V. Event-related alpha oscillations are functionally associated with P300 during information processing. NeuroReport. 1998; 14: 3159–3164.
16. Столяренко Л.Д. Основы психологии. Ростов-на-Дону: Феникс; 1996. 736.
17. Князев Г.Г. Осцилляции мозга и поведение человека: эволюционный подход. Методологические проблемы современной психологии: иллюзии и реальность: материалы Сибирского психологического форума. 16–18 сентября 2004. Томск; 2004: 570–576.
18. Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: The inhibition-timing hypothesis. Brain Res. Rev. 2007; 53: 63–88.
19. Moretti D.V., Miniussi C., Frisoni G.B., Geroldi C., Zanetti O., Binetti G., Rossini P.M. Hippocampal atrophy and EEG markers in subjects with mild cognitive impairment. Clin. Neurophysiol. 2007; 12 (118): 2716–2729.
20. Herweg N.A., Aritz T., Leicht G. Theta-alpha oscillations bind the hippocampus, prefrontal cortex, and striatum during recollection: evidence from simultaneous EEG-fMRI. J. Neurosci. 2016; 12 (36): 3579–3587.
21. Николаев А.Р., Иваницкий Г.А., Иваницкий А.М. Воспроизводящиеся паттерны альфа-ритма ЭЭГ при решении психологических задач. Физиология человека. 1998; 3 (24): 5–12.
22. Hughes S.W., Crunellia V. Just aphase they're going through: The complex interaction of intrinsic high-threshold bursting and gap junctions in the generation of thalamic alpha and teta rhythms. Int. J. Psychophysiol. 2007; 1 (64): 3–17.
23. Schreckenberger M., Lange-Asschenfeld C., Lochmann M. The thalamus as the generator and modulator of EEG alpha rhythm: a combined PET/EEG study with lorazepam challenge in humans. NeuroImage. 2004; 22: 637–644.
24. Хомская Е.Д. Нейропсихология. 4-е изд. СПб.: Питер; 2005. 496.

25. Андрианов В.В., Василюк Н.А., Бирюкова Е.В., Казакова В.В. Физиологические показатели студентов при выполнении учебных тестовых задач. Сеченовский вестник. 2013; 4 (14): 25–30.
26. Слободский-Плюснин Я.Ю. ЭЭГ-корреляты эксплицитарной и имплицитарной обработки информации: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск; 2011. 21.
27. Aftanas L.I., Reva N.V., Varlamov A.A., Pavlov S.V., Makhnev V.P. Analysis of evoked EEG synchronization and desynchronization in conditions of emotional activation in humans: temporal and topographic characteristics. *Neurosci. Behav. Physiol.* 2004; 8 (34): 859–867.
28. Klimesch W. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in cognitive sciences.* 2012; 12 (16): 606–617.
29. Кронотов Ю.Д. Количественная ЭЭГ, вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия. Донецк: Издатель Заславский А.Ю.; 2010. 512.
30. Jensen O., Goel P., Kopell N., Pohja M., Hari R., Ermentrout B. On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling. *NeuroImage.* 2005; 26: 347–355.

## ANALYSIS OF BRAIN FUNCTIONAL STATUS IN STUDENTS WITH HIGH AND LOW RATES OF MENTAL ACTIVITY

M.V. Yatsenko<sup>1</sup>, L.K. Kamenek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Altai State University, Barnaul, Russia;

<sup>2</sup>Ulyanovsk State University, Ulyanovsk Russia

e-mail: e.yatsenko@mail.ru

*The purpose of this paper is to analyze the brain functional status in students with high and low rates of mental activity.*

*Materials and Methods.* The study enrolled 183 volunteers, namely young women aged 19–22. At the baseline, the EEG was recorded using the Electroencephalograph-analyzer EEGA-21/26 "Encephalan-131-03"; then the students underwent a proof-reading test.

*Results.* During the study, we identified groups of subjects with high and low rates of mental activity on the basis of factor analysis. In subjects who demonstrated a vast amount of mental activity, the initial state of the nervous system was characterized by the dependence of the cerebral cortex activity level on the ascending pathways on the thalamus and hippocampus cortex and the balance between excitation and inhibition in the cerebral cortex. In subjects with a high rate of mental activity the initial state of the nervous system was characterized by the link between the cerebral cortex activity level and the coordinated influence of the hippocampus and the thalamus on the cerebral cortex and by the balance excitation and inhibition in the cerebral cortex. High accuracy was achieved by the optimal level of thalamocortical influence, which was more significant than the hippocampus one.

*Conclusion.* Comparative analysis of the factor analysis results proved that low and high rates of mental activity are preconditioned by different functional status. Qualitative and quantitative indicators of mental activity are provided by various neurophysiological mechanisms based on cortical-subcortical interaction and the excitation and inhibition processes.

**Keywords:** electroencephalogram, mental activity, students, factor analysis.

### References

1. Danilova N.N. *Psikhofiziologicheskaya diagnostika funktsional'nykh sostoyaniy* [Psychophysiological diagnostics of functional states]. Moscow: Izd-vo MGU; 1992. 192 (in Russian).
2. Kotlyar B.I. *Plastichnost' nervnoy sistemy* [Plasticity of the nervous system]. Moscow: Izd. Moscow State University; 1986. 240 (in Russian).
3. Hasanova L.B. *Individual'no-tipologicheskie osobennosti sindroma defitsita vnimaniya s giperaktivnostyu psikhofiziologicheskie prediktory* [Individual and typological characteristics of attention deficit disorder with hyperactivity: psychophysiological predictors]: avtoref. dis. kand. psikhhol. nauk. Ufa; 2004. 23 (in Russian).



4. Sherman S.M. *Exploring the thalamus and its role in cortical function*. Cambridge, MA: MIT Press; 2005. 497.
5. Korobeinikova I.I. Svyaz' rezul'tativnosti intellektual'noy testovoy deyatel'nosti cheloveka s razlichnymi spektral'nymi kharakteristikami al'fa-ritma fonovoy EEG [Relationship of the effectiveness of intellectual test activity in persons with different spectral characteristics of the EEG alpha-rhythm]. *Tyumenskiy meditsinskiy zhurnal*. 2014; 3 (16): 50–53 (in Russian).
6. Polikanova I.S., Sergeev A.V. Vliyanie dlitel'noy kognitivnoy nagruzki na parametry EEG [Effect of a long-term cognitive activity on EEG parameters]. *Natsional'nyy psikhologicheskiy zhurnal*. 2014; 1: 86–94 (in Russian).
7. Hanslmayr S., Staudigl T. How brain oscillations form memories – a processing based perspective on oscillatory subsequent memory effects. *Neuroimage*. 2014; 85: 648–655.
8. Klimesch W. Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization. *Int. J. Psychophysiol.* 1996; 24: 61–100.
9. Klimesch W., Schack B., Sauseng P. The functional significance of theta and upper alpha oscillations. *Exp. Psychol.* 2005; 2 (52): 99–108.
10. Kozlova I.Yu. *Elektroentsefalograficheskie korrelyaty uspeshnosti kognitivnoy deyatel'nosti* [Electroencephalographic correlates of the cognitive activity success]: avtoref. dis. kand. med. nauk. St. Petersburg; 2010. 23 (in Russian).
11. Litvinova N.A. *Rol' individual'nykh psikhofiziologicheskikh osobennostey studentov v adaptatsii k umstvennoy i myshechnoy deyatel'nosti* [The role of students' individual psychophysiological characteristics while adapting to mental and muscular activity]. Kemerovo: Izd-vo KemGU; 2012. 168 (in Russian).
12. Bosel R. Slow alpha in the EEG power spectrum as an indicator for conceptual arousal. *Z. Exp. Angew. Psychol.* 1992; 39: 372–395.
13. Razoumnikova O.M. Functional organization of different brain areas during convergent and divergent thinking: an EEG investigation. *Cognitive Brain Research*. 2000; 10: 11–18.
14. Wankowski C.E. Hippocampal slow waves distribution and phase relationships in the course of approach leaning. *Arch. Neurob. Psychiat.* 1973; 3: 74–90.
15. Yordanova J., Kolev V. Event-related alpha oscillations are functionally associated with P300 during information processing. *NeuroReport*. 1998; 14: 3159–3164.
16. Stolyarenko L.D. *Osnovy psikhologii* [Fundamentals of Psychology]. Rostov-on-Don: Phoenix; 1996. 736 (in Russian).
17. Knyazev G.G. Ostsillyatsii mozga i povedenie cheloveka evolyutsionnyy podkhod [Brain oscillations and human behavior: evolutionary approach]. *Metodologicheskie problemy sovremennoy psikhologii: illyuzii i real'nost': materialy sibirskogo psikhologicheskogo foruma* [Methodological problems of modern psychology: illusions and reality: Proceedings of the Siberian Psychological Forum]. September 16–18, 2004. Tomsk; 2004: 570–576 (in Russian).
18. Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: The inhibition-timing hypothesis. *Brain Res. Rev.* 2007; 53: 63–88.
19. Moretti D.V., Miniussi C., Frisoni G.B., Geroldi C., Zanetti O., Binetti G., Rossini P.M. Hippocampal atrophy and EEG markers in subjects with mild cognitive impairment. *Clin. Neurophysiol.* 2007; 12 (118): 2716–2729.
20. Herweg N.A., Apitz T., Leicht G. Theta-alpha oscillations bind the hippocampus, prefrontal cortex, and striatum during recollection: evidence from simultaneous EEG-fMRI. *J. Neurosci.* 2016; 12 (36): 3579–3587.
21. Nikolaev A.R., Ivanitsky G.A., Ivanitsky A.M. Vosproizvodyaschiesya patterny al'fa-ritma EEG pri reshenii psikhologicheskikh zadach [Reproducing patterns of EEG alpha-rhythm in psychological problem solving]. *Fiziologiya cheloveka*. 1998; 3 (24): 5–12 (in Russian).
22. Hughes S.W., Crunellia V. Just a phase they're going through: The complex interaction of intrinsic high-threshold bursting and gap junctions in the generation of thalamic alpha and teta rhythms. *Int. J. Psychophysiol.* 2007; 1 (64): 3–17.
23. Schreckenberger M., Lange-Asschenfeld C., Lochmann M. The thalamus as the generator and modulator of EEG alpha rhythm: a combined PET/EEG study with lorazepam challenge in humans. *Neuroimage*. 2004; 22: 637–644.
24. Khomskaya E.D. *Neyropsikhologiya* [Neuropsychology]. 4<sup>th</sup> edition. St. Petersburg: Peter; 2005. 496 (in Russian).

25. Andrianov V.V., Vasilyuk N.A., Biryukova E.V., Kazakova V.V. Fiziologicheskie pokazateli studentov pri vypolnenii uchebnykh testovykh zadach [Students' physiological indices while performing training tests]. *Sechenovskiy vestnik*. 2013; 4 (14): 25–30 (in Russian).
26. Slobodsky-Plyusnin Y.Yu. *EEG-korrelyaty eksplitsitarnoy i implitsitarnoy obrabotki informatsii* [EEG correlates of explicit and implicit information processing]: avtoref. dis. kand. biol. nauk. Novosibirsk; 2011. 21 (in Russian).
27. Aftanas L.I., Reva N.V., Varlamov A.A., Pavlov S.V., Makhnev V.P. Analysis of evoked EEG synchronization and desynchronization in conditions of emotional activation in humans: temporal and topographic characteristics. *Neurosci. Behav. Physiol.* 2004; 8 (34): 859–867.
28. Klimesch W. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in cognitive sciences*. 2012; 12 (16): 606–617.
29. Kropotov Yu.D. *Kolichestvennaya EEG vyzvannye potentsialy mozga cheloveka i neyroterapiya* [Quantitative EEG, human brain evoked potentials and neurotherapy]. Donetsk: Izdatel' Zaslavsky A.Yu.; 2010. 512 (in Russian).
30. Jensen O., Goel P., Kopell N., Pohja M., Hari R., Ermentrout B. On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling. *NeuroImage*. 2005; 26: 347–355.