

УДК.612.821.8, 591.185

Е.К. АЙДАРКИН, О.Л. КУНДУПЬЯН, Ю.Л. КУНДУПЬЯН

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ АКТИВАЦИИ И ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ УЧАЩЕГОСЯ ПРИ РАБОТЕ С ЭЛЕКТРОННЫМИ УЧЕБНЫМИ ПОСОБИЯМИ

*Исследовалась прогностическая ценность коэффициента активации (КА) и коэффициента времени реакции (КВР) в экспресс-оценке функционального состояния ЦНС человека в процессе работы с электронными учебными средствами. Функциональное состояние изучали в ходе когнитивной деятельности (решение вербальных и невербальных задач). Для общей оценки ФС человека использовали эффективность деятельности (время реакции), качество деятельности (количество правильных нажатий), коэффициент активации (соотношение альфа- и бета-ритмов, отражающих процессы торможения и активации), коэффициент времени реакции (соотношение времени реакции для правой и левой руки, в процессе выполнения вербальных и невербальных задач). Было показано, что решение невербальных задач сопровождалось достоверным минимальным значением КА и времени реакции по сравнению с решением вербальных задач. Низкий уровень эффективности деятельности сопровождался повышенным уровнем активации ЦНС в случае распознавания картинок и слов у группы обследуемых с более быстрыми реакциями левой рукой. Снижение уровня активации ЦНС и рост КА негативно сказывались на качестве распознавания у обследуемых с быстрыми реакциями правой рукой при распознавании слов. Значения КВР достоверно зависели от типа выполняемой задачи (вербальные и невербальные) и от руки, которой осуществлялись нажатия.*

**Ключевые слова:** время реакции, вербальные стимулы, невербальные стимулы, ФМА, коэффициент активации, коэффициент времени реакции.

E.K. AYDARKIN, O.L. KUNDUPYAN, J.L. KUNDUPYAN

## ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF STUDENTS DURING THE WORK WITH ELECTRONIC COURSE BOOKS BY ACTIVATION COEFFICIENT AND THE REACTION TIME

*The prognostic value of the activation coefficient (AC) and the reaction time coefficient (RTC) for the express-assessment of the functional state of the human central nervous system (CNS) during the work with electronic course books has been studied. Functional state was studied in the process of cognitive activity (verbal and non-verbal task solving). The general functional state was assessed by the following parameters: the efficacy of activity (reaction time), quality of activity (number of correct responses), activation coefficient (alpha- and beta-rhythm ratio, which reflects the suppression and activation processes), and the reaction time coefficient (the reaction time ratio for the right and left hands during the verbal and non-verbal task solving). It was found out that solving of non-verbal tasks was followed by statistically reliable minimal AC and RTC values in comparison with verbal task solving. Low efficacy of activity, which was observed in the group of individuals who demonstrated faster reactions with their left hands and were asked to recognize words and images, was followed by the increase in CNS activation. The decrease in CNS activation and the increase in the AC value negatively affected the quality of recognition in the group of individuals, who demonstrated fast reactions with their right hands during the recognition of words. The RTC values were shown to depend reliably on both the type of the task solved (verbal or non-verbal tasks) and the response hand.*

**Key words:** reaction time, verbal stimuli, non-verbal stimuli, functional interhemispheric asymmetry, activation coefficient (AC), reaction time coefficient (RTC).

При работе с электронными учебными пособиями (ЭУП) необходимо обеспечить психофизиологическую поддержку процесса обучения, которая складывается из двух основных компонентов – оценки качества работы и оценки функционального состояния (ФС) учащегося [3].

© Айдаркин Е.К., Кундупьян О.Л., Кундупьян Ю.Л., 2013.

Управление текущим ФС происходит с помощью его контроля, прогноза и коррекции [2]. Известно, что индивидуальные особенности фоновых ритмов ЭЭГ отражают характер регуляторных процессов, обеспечивающих координацию внутрикорковых и корково-подкорковых взаимоотношений, общее состояние мозга. Показано,

что отдельные частотные составляющие ЭЭГ являются ритмическими регуляторами внутрицентральных отношений при реализации психической деятельности [15]. В современной психфизиологии используются такие показатели фоновой ЭЭГ, как индекс, спектры мощностей, амплитудно-временные параметры частотных диапазонов и т. д. Например, характеристики альфа-ритма в качестве индикатора функционального состояния и типологических особенностей ВНД [19].

На сегодняшний день в литературе множество способов оценки ФС ЦНС [7, 17]. В качестве показателя функционального состояния мозга используют уровень функциональных возможностей центральной нервной системы (УФВ ЦНС), который отражается в коэффициенте межполушарной асимметрии при выполнении сенсомоторного теста разными руками [8]. Существуют методы для оценки ФС, степени межполушарной асимметрии, а также для оценки степени умственного утомления, каждого из полушарий в отдельности, всего мозга в целом [12]. В литературе используют способ обучения, включающий моделирование когнитивной деятельности, поиск оптимальных операций когнитивной деятельности в рамках построенной модели и использование этих операций в качестве инструмента в обучении [10].

Определяют функциональное состояние церебральных структур по выраженности межполушарной функциональной асимметрии, для чего определяют время реакций, осуществляемых правой и левой рукой [11].

Определение показателей функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС) обследуемых, закономерностей функционирования информационно-аналитических структур мозга и прогностической оценки успешности профессиональной деятельности [13].

Наиболее простым методом, основанном на объективных параметрах оценки ФС ЦНС является коэффициент активации (КА), который отражает характер соотношения мощности ритмов альфа и бета 2, функционально связанных с динамикой уровня активации мозга. Этот метод может использоваться для прогноза и экспресс оценки функционального состояния ЦНС, а также он позволяет оценить эффективность коррекционных мероприятий. Полученные в прошлой

нашей работе результаты [1] указывают на высокую чувствительность КА к уровню ФС ЦНС, что позволяет использовать КА в качестве экспресс метода оценки ФС человека при выполнении сложной сенсомоторной деятельности.

Целью работы было изучить прогностическую ценность КА в экспресс оценке ФС ЦНС при решении вербальных и невербальных задач.

### Методика обследования

В исследовании принимали участие 30 практически здоровых студентов факультета биологических наук ЮФУ, средний возраст – 25 лет.

Все исследования проводились с соблюдением биоэтических норм, в соответствии с требованиями «Всеобщей декларации о биоэтике и правах человека», обследуемые давали письменное согласие на проведение обследования.

Фоновые показатели ЭЭГ в состоянии «глаза закрыты» (ГЗ), и «глаза открыты» (ГО), а также при решении вербальных и невербальных задач анализировались у 30 человек.

В качестве модели деятельности предлагали вербальные и невербальные задачи. Каждый испытуемый участвовал в двух экспериментальных ситуациях: распознавание слов и распознавание картинок.

Методика правополушарных или левополушарных нагрузок заключалась в том, что обследуемому предлагался видеоряд, который состоял из 4 картинок (слов). Три картинки (слова) объединялись между собой по смыслу, а четвертая – не подходила по смыслу, т. е. была «лишней». Если «лишняя» картинка (слово) относилась к одушевленным предметам, то надо было нажать правой рукой на правую клавишу манипулятора «мышь», если «лишняя» картинка (слово) была неодушевленной, то необходимо было нажимать левой рукой на левую клавишу манипулятора «мышь». Один слайд предъявлялся в течение 8 с в случае картинок и в течение 10 с в случае слов. Каждый обследуемый должен был просмотреть 100 слайдов с картинками и столько же со словами.

Во время выполнения теста регистрировали ВР, ЭЭГ, ССП. Выбор и реализация режимов стимуляции, регистрация ЭЭГ осуществлялась при помощи компьютерного энцефалографоанализатора «Энцефалан-131-03» (изготовитель

– НПКФ «Медиком-ЛТД», г. Таганрог). Оцифрованная ЭЭГ экспортировалась в программную среду Matlab, где проводилась дальнейшая обработка сигналов. Исследовали спектральные характеристики ЭЭГ в состоянии ГЗ и ГО, а также при решении вербальных и невербальных задач

Для вычисления КА использовали следующую формулу (1):

$$КА = \frac{M_{\text{альфа}}}{M_{\text{бета2}}}, \quad (1)$$

где  $M$  – спектральная мощность соответствующего ритма.

Нами был разработан экспресс метод по расчету коэффициента времени реакции ( $Kв$ ) при решении вербальных и невербальных нагрузок (2). Используя коэффициент времени реакции можно определить вид выполняемой когнитивной деятельности человека.

$$Kв = \frac{(Tn - Tл)}{(Tn + Tл)} * 100\%, \quad (2)$$

где  $Kв$  – коэффициент времени реакции,  $Tn$  – время реакции правой рукой,  $Tл$  – время реакции левой рукой.

Эффективность деятельности при распознавании вербальных и невербальных стимулов оценивали по ВР. Качество деятельности при распознавании вербальных и невербальных стимулов определяли по количеству правильных ответов. Если количество правильных ответов составляло меньше 70 %, то распознавание было некачественным, если больше 70 %, то распознавание было качественным.

### Результаты обследования

На рис. 1 и в табл. 1 представлена суммарная динамика КА во всех исследуемых отведениях у группы обследуемых.

При анализе КА в ситуации более сложной интеллектуальной нагрузки (рис. 1) в фоновом состоянии (ГЗ, ГО) и в процессе решения вербальных и невербальных задач было обнаружено, что состояние ГЗ сопровождается достоверно максимальной мощностью альфа-ритма по сравнению со всеми остальными изучаемыми состояниями. Распознавание картинок сопровождалось достоверно минимальным значением

КА по сравнению со всеми исследуемыми состояниями.

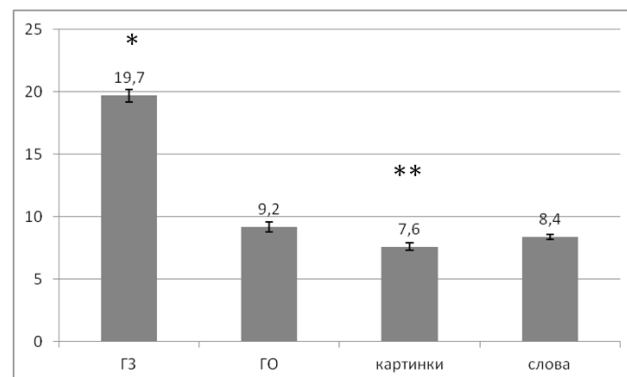


Рис. 1. Суммарная динамика коэффициента активации в фоновом состоянии и при выполнении вербальной и невербальной нагрузки у всех обследуемых. Обозначения для рис. 1–3: по оси абсцисс – тестовые процедуры, по оси ординат – коэффициент активации, в у.е.

Анализ показателей ЭЭГ всей группы обследуемых обнаружил, что существовала статистически значимая зависимость между коэффициентами активации (КА) при закрытых, открытых глазах, а также при выполнении вербальных и невербальных нагрузок (табл. 1).

Таблица 1

**Результаты сравнительного анализа КА в различных экспериментальных состояниях (глаза открыты, глаза закрыты, невербальные задачи, вербальные задачи) у всей группы обследуемых**

Источник вариации	df, df-error	F	P
G	21,661	7,101	0,001
S	21,993	8,101	0,000
G x S	16,468	9,734	0,000

Обозначения: df, df-error – число степеней свободы факторов и ошибок, G – группы обследуемых, S – экспериментальные состояния (ГО – глаза открыты, ГЗ – глаза закрыты, К – распознавание картинок, С – распознавание слов), F – критерий Фишера, p – вероятность, жирным шрифтом выделены достоверные различия ( $p \leq 0,05$ ).

При решении вербальных задач у обследуемых наблюдали 2 стратегии деятельности: более быстрые нажатия левой рукой и более быстрые реакции правой рукой. Анализ КА с учетом стратегии решения вербальных задач показал, что в группе с более быстрыми реакциями правой рукой на вербальные стимулы наблюдали достоверно более высокий уровень альфа-активности во всех экспериментальных ситуа-

циях по сравнению с группой с более быстрыми реакциями левой рукой.

Анализ КА в этих двух группах обследуемых представлен на рис. 2.

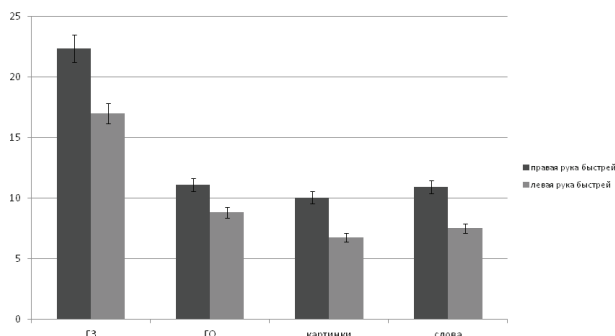


Рис. 2. Динамика коэффициента активации в фоновом состоянии и при выполнении вербальной нагрузки у всех обследуемых

Из рисунка видно, что группа обследуемых с более быстрыми реакциями правой рукой имела уровень альфа-активности выше, чем группа с более быстрыми реакциями левой рукой.

В табл. 2 представлены результаты дисперсионного анализа групп обследуемых с учетом стратегии деятельности при распознавании слов. Из таблицы видно, что КА в группе с более быстрой правой рукой достоверно отличается от группы обследуемых с более быстрыми реакциями левой рукой при решении вербальных задач.

Таблица 2

Результаты сравнительного анализа КА в различных экспериментальных состояниях (глаза открыты, глаза закрыты, невербальные задачи, вербальные задачи) у всей группы обследуемых с учетом стратегии деятельности

Источник вариации	df, df-error	F	P
G	22,340	7,251	0,000
S	21,763	7,605	0,003
G xS	26,517	6,984	0,015

Обозначения – те же, что в табл. 1.

Анализ времени реакции показал, что скорость выполнения образных и вербальных задач достоверно различалась (рис. 3). В целом, образные задачи человек решал быстрее, чем вербальные. Кроме того, существовала асимметрия рук по времени реакции. В образных задачах достоверно более быстрая реакция наблюда-

лась для левой руки (2,71 с) по сравнению с правой рукой (3,07 с).

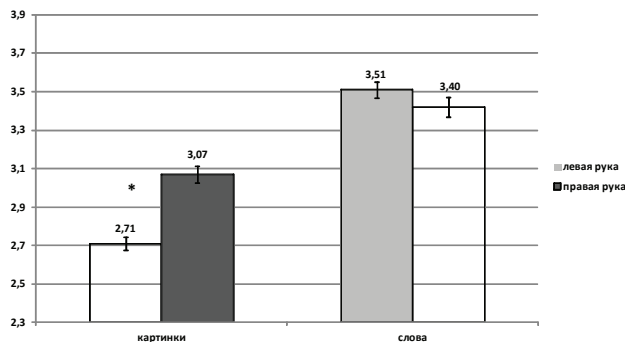


Рис. 3. Время распознавания невербальных стимулов (картинки) и вербальных стимулов (слова) у всех обследуемых

При решении вербальных задач наблюдаем обратную тенденцию: левая рука справляется с заданием позже (3,51 с), чем правая (3,40 с). Вероятно, недостоверные групповые данные при решении вербального задания связаны с тем, что все обследуемые по стратегии деятельности подразделились на 2 группы.

На рис. 4 представлена более детальная динамика времени распознавания слов в этих 2 группах обследуемых. На рис. 4а представлена первая группа (13 человек), у которой реакция на слова левой рукой достоверно происходила быстрее, чем правой.

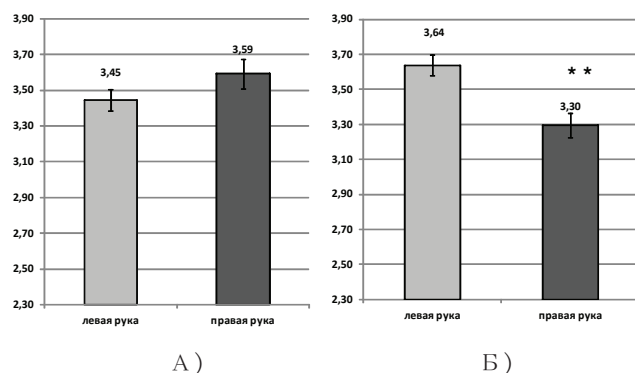


Рис. 4. Время распознавания вербальных стимулов (слова) у всех обследуемых. Обозначения: А – преобладает левая рука (13 человек) – 1-я группа, Б – преобладает правая рука (16 человек) – 2-я группа, по оси абсцисс – рабочая рука, по оси ординат – время решения, с

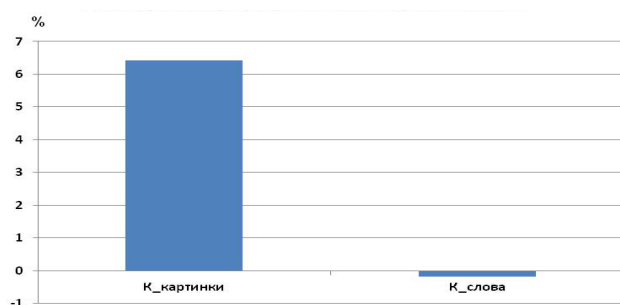
На рис. 4б представлена вторая группа (16 человек), у которой наблюдали обратную тенденцию. Вероятно, недостоверные групповые дан-



ные при решении вербального задания также связаны с тем, что все обследуемые по стратегии деятельности подразделились на 2 группы.

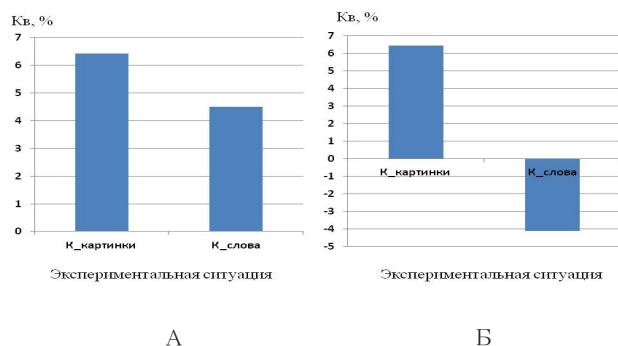
По данным времени реакции был рассчитан коэффициент времени реакции при выполнении различных тестовых процедур.

Из рис. 5 видно, что коэффициент распознавания невербальных стимулов имеет всегда положительные значения, а коэффициент распознавания вербальных стимулов может иметь как положительные, так и отрицательные значения в зависимости от руки.



**Рис. 5.** Групповая динамика коэффициента времени реакции (Кв) у всех обследуемых при распознавании картинок и слов. *Обозначения:* по оси абсцисс – тестовая процедура, по оси ординат – коэффициент времени реакции, %

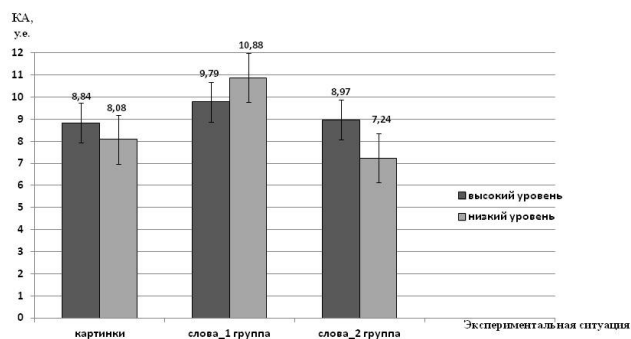
Если обследуемый более быстро опознает слова левой рукой, то коэффициент будет иметь положительные значения, однако они будут достоверно ниже, чем при распознавании картинок. Если для обследуемого характерна обратная ситуация, когда слова быстрее опознаются правой рукой, то коэффициент времени реакции будет иметь отрицательные значения (рис. 6).



**Рис. 6.** Динамика коэффициента асимметрии времени реакции (Кв) у всей группы обследуемых при распознавании картинок и у двух групп обследуемых при распознавании слов (1-я группа (6а) – более быстрая левая рука; 2-я группа (6б) – более быстрая правая рука). *Обозначения:* как на рис. 5.

Анализ КА и времени реакции при сложной интеллектуальной деятельности показал, что в среднем при распознавании слов меньше ВР и КА. Распознавание слов характеризуется более высокими значениями ВР и КА.

Качество деятельности всей выборки обследуемых в процессе распознавания вербальных и невербальных стимулов с учетом коэффициента активации представлено на рис. 7.



**Рис. 7.** Значение КА у обследуемых с высоким и низким уровнем решения вербальных и невербальных задач. *Обозначения:* по оси абсцисс – экспериментальные ситуации, по оси ординат – значение КА в условных единицах. Слова\_1-я группа – группа обследуемых с более быстрыми реакциями правой рукой, слова\_2-я группа – группа обследуемых с более быстрыми реакциями левой рукой

Результаты статистического анализа КА в группах с эффективным и неэффективным распознаванием слов и картинок не обнаружили достоверных различий.

Однако при более быстрых реакциях левой рукой в случае распознавания картинок и слов (группа 2) наблюдали низкий уровень качества деятельности при меньших значениях КА. А в группе с более быстрыми реакциями правой рукой наблюдали низкий уровень качества деятельности при больших значениях КА.

### Обсуждение результатов

Анализ КА в процессе всей экспериментальной ситуации показал, что состояние ГЗ сопровождается достоверно максимальной мощностью альфа-ритма по сравнению со всеми остальными изучаемыми состояниями. Распознавание картинок сопровождалось достоверно минимальным значением КА по сравнению со

всеми исследуемыми состояниями. В состоянии ГЗ, возможно, регистрируем альфа-ритм, ритм спокойного бодрствования. В случае распознавания слов, вероятно, наблюдаем альфа-ритм, который в литературе связывают с работой сканирующего механизма, обеспечивающего процессы зрительного восприятия и некоторые другие функции [18]. Согласно данным литературы, наиболее распространена точка зрения, согласно которой в генерации альфа-ритма принимают участие и таламические, и корковые пейсмейкеры. Однако до сих пор ясны не все детали генерации альфа-ритма, особенно на клеточном уровне [25, 22]. В настоящее время в работах некоторых исследователей показано, что генераторы альфа-активности диффузно распределены во многих структурах мозга, в таких как ствол, мозжечок, таламус, лимбическая система, сенсорная ассоциативная и двигательная кора [21].

В процессе решения вербальных задач у обследуемых наблюдали 2 стратегии деятельности: более быстрые нажатия левой рукой и более быстрые реакции правой рукой. Анализ КА с учетом стратегии решения вербальных задач показал, что в группе с более быстрыми реакциями правой рукой на вербальные стимулы наблюдали достоверно более высокий уровень альфа-активности во всех экспериментальных ситуациях по сравнению с группой с более быстрыми реакциями левой рукой. Вероятно, что фоновый уровень активации определяет в дальнейшем стратегию деятельности человека. Согласно данным литературы «фоновое» состояние мозга или «режим по умолчанию» влияет на последующее изменение мозговой активности, в результате выполнения мыслительных операций [24, 23]. Вероятно, спонтанная электрическая активность коры определяется генетически контролируемые индивидуальными особенностями структурно-функциональной организации мозга [26] и связана с разными психологическими характеристиками человека, в том числе интеллектуальными способностями [14].

Анализ значений КА и времени реакции при сложной интеллектуальной деятельности показал, что в среднем при распознавании слов меньше ВР и КА. Вероятно, это связано с тем, что большая активация ЦНС при решении невербальных задач сопровождается более бы-

стрым ВР. Распознавание слов характеризуется более высокими значениями ВР и КА, очевидно, это связано с большей трудностью задания и для успешной деятельности вероятно недостаточно одной активации ЦНС, поэтому в этом случае альфа-активность имеет более высокие показатели и может быть связана с когнитивным альфа-ритмом.

Коэффициент времени реакции позволяет определить, каким видом деятельности занимается в данный момент человек, распознает вербальную информацию или занят решением невербальных задач. В литературе существуют данные, что сложные тексты и цифры легче опознаются левым полушарием, а изобразительный материал правым полушарием [6]. Характер асимметрии может меняться в зависимости от задачи и характера тестирования, в том числе от таких факторов, как продолжительность или интенсивность стимулов, субъективная стратегия, направленность внимания [4].

Вероятно, недостоверные групповые данные при решении вербального задания связаны с тем, что все обследуемые по стратегии деятельности подразделились на 2 группы. В литературе высказывается мнение, что межполушарная асимметрия в решающей мере зависит от функционального уровня переработки информации. Существуют два уровня переработки информации в зависимости от степени перцептивной сложности зрительной информации: перцептивный и семантический. Перцептивный уровень обработки информации считается более низко организованным. На этом уровне протекает идентификация изображений, их опознание без учета семантических и фонетических характеристик, классификация объектов на основе наглядных свойств [5]. Семантический уровень обработки информации считается более высоко организованным. На этом уровне учитываются категориальные, семантические и фонетические характеристики стимулов, опознание и классификация изображений протекают на основе понятийных признаков, оценивается содержательная сторона символов [5].

В предыдущей нашей работе было обнаружено, что на время решения невербальных и вербальных задач (выбор руки, которой осуществляется нажатие), на скорость и количество пра-

вильных ответов влияет моторная преднастройка. Так, при анализе времени решения невербальных тестов, которые, в общем, решались быстрее, чем вербальные, можно было выделить 2 механизма: быстрый и более качественный – с участием левой руки и медленный с низким качеством – с участием правой. При этом ошибочные реакции были связаны с коротким временем, отведенным на их решения. При решении вербальных задач в общем моторная преднастройка не влияла на скорость решения теста. Значительное влияние на эффективность и качество деятельности оказывала ведущая рука, которая определялась по соотношению ВР для левой и правой руки. Для обследуемых с более быстрой левой рукой соотношение ВР и качества решения задач было сходным для таковых при решении образных задач. Для обследуемых с более быстрой правой рукой решение задач было более быстрым, но менее качественным. При этом ошибочность решения была связана с «затягиванием» времени распознавания. Следовательно, моторная преднастройка в сочетании с ведущей рукой для образного или вербального анализа влияет различным образом на эффективность и качество решения тестовых задач [20].

Анализ качества деятельности показал, что при более быстрых реакциях левой рукой в случае распознавания картинок и слов (группа 2) наблюдали низкий уровень качества деятельности и низкие значения КА. Снижение КА связано с увеличением уровня активности ЦНС, вероятно, излишняя активация приводит к увеличению количества ошибок при работе и, следовательно, более низкому уровню качества деятельности при решении невербальных задач и вербальных задач у людей с более быстрыми реакциями левой рукой. А в группе с более быстрыми реакциями правой рукой наблюдали низкий уровень качества деятельности при высоких значениях КА, что, вероятно, связано со снижением уровня активности ЦНС.

Изучение функциональных симметрий – асимметрий человека имеет важнейшее прикладное значение для оптимизации условий и повышения эффективности труда, а также в профессиональной ориентации учащихся в системе профессионального отбора [4].

## Заключение

Решение невербальных задач сопровождалось достоверным минимальным значением КА и ВР по сравнению с решением вербальных задач. Вероятно, это связано с тем, что большая активация ЦНС при решении невербальных задач сопровождается более быстрым ВР. Распознавание слов характеризуется более высокими значениями ВР и КА, очевидно, это связано с большей трудностью задания и для успешной деятельности, вероятно, недостаточно одной активации ЦНС, поэтому в этом случае альфа-активность имеет более высокие показатели и может быть связана с когнитивным альфаритмом. Анализ КА с учетом стратегии решения вербальных задач показал, что в группе с более быстрыми реакциями правой рукой на слова наблюдали достоверно более высокий уровень альфа-активности во всех экспериментальных ситуациях по сравнению с группой с более быстрыми реакциями левой рукой. Вероятно, что фоновый уровень активации определял в дальнейшем стратегию деятельности человека.

Коэффициент времени реакции (КВР) является адекватным показателем текущей деятельности человека и может быть использован для работы с образовательными электронными ресурсами, зная его, можно определить, каким видом деятельности занимается в данный момент человек, распознает вербальную информацию или занят решением невербальных задач.

Анализ коэффициента активации с учетом качества деятельности показал, что низкий уровень эффективности сопровождается повышенным уровнем активации ЦНС в случае распознавания картинок и слов у группы обследуемых с более быстрыми реакциями левой рукой. Снижение уровня активации ЦНС и рост КА негативно сказываются на качестве распознавания у обследуемых с быстрыми реакциями правой рукой при распознавании слов. Вероятно, для высокого уровня распознавания когнитивной информации необходим оптимальный уровень активации ЦНС и средние значения КА.

Таким образом, полученные результаты указывают на высокую чувствительность КА и КВР к уровню ФС ЦНС. Это позволяет использовать КА и КВР в качестве экспресс-методов оцен-

ки ФС обучающегося в процессе работы с электронными учебными пособиями. В дальнейшем планируется разработать интегративный показатель, позволяющий выяснить зависимость эффективности и качества деятельности от коэффициентов активации и времени реакции.

### Литература

1. Айдаркин Е.К., Кундупьян О.Л., Кундупьян Ю.Л. Значение коэффициента активации для контроля функционального состояния человека // Валеология 2011. № 3. С. 111–122.
2. Айдаркин Е.К., Пахомов Н.В. Работоспособность и функциональное состояние. Ростов н/Д, 2004, 217 с.
3. Айдаркин Е.К., Старостин А.Н., Щербина Д.Н. Концепция образовательного процесса на базе ЭУП с психофизиологической поддержкой // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития : материалы XX конф. 2013. С. 27–29.
4. Доброхотова Т.А., Брагина Н.Н. Методологическое значение принципа симметрии в изучении функциональной организации человека // Функциональная межполушарная асимметрия. М. 2004. С. 15–47.
5. Зальцман А.Г. Особенности переработки зрительной информации в правом и левом полушариях головного мозга человека // Физиол. человека. 1990. Т. 16. № 2. С. 135–148.
6. Отмахова Н.А., Коновалов А.В. Межполушарные различия и взаимодействие полушарий // Успехи физиол. наук. 1988. Т. 19, № 1. С. 88–140
7. Патент РФ № 2004137781/14, 23.12.2004. А.Н. Царев. Способ оценки функционального состояния центральной нервной системы человека // Патент России №2289297. 2006. Бюл. № 35.
8. Патент РФ № 2258453 2003135904/14, 10.12.2003 Олада Э.Я., Китаев А.В., Савченко А.А., Мякишев Е.В., Пропой Г.С. Способ определения степени межполушарной асимметрии мозга // Патент России № 2258453.2005.
9. Патент РФ № 231843 2006113912/14, 24.04.2006 Паренко М.К., Щербаков В.И., Агеева Е.Л., Кузнецова И.А., Егоров А.А., Антипенко Е.А. Способ исследования межполушарной слуховой асимметрии // Патент России № 231843.2006.
10. Патент РФ № 2003136874/12, 23.12.2003 Лысковская В.Н. Способ обучения (варианты) // Патент РФ № 2003136874/12.2005.
11. Патент РФ № 2007115132/14, 23.04.2007 Овчинников Н.Д. Способ определения закономерностей функционирования динамических церебральных структур // Патент РФ № 2007115132/14.2009.
12. Патент РФ № 2006113912/14, 24.04.2006 Паренко М.К., Щербаков В.И., Агеева Е.Л., Кузнецова И.А., Егоров А.А., Антипенко Е.А. Способ исследования межполушарной слуховой асимметрии // Патент РФ № 2006113912/14.2008.
13. Патент РФ № 99112434/14, 08.06.1999 Прокументов А.Л., Корнетов Н.А. Способ регистрации динамики функциональной асимметрии головного мозга // Патент РФ № 99112434/14.2001.
14. Разумникова О.М. Функциональное значение биопотенциалов альфа-2 диапазона при конвергентном и дивергентном вербальном мышлении // Физиол. человека. 2007. Т. 33, № 2. С. 23–34.
15. Русинов В. С. Биопотенциалы мозга человека. Математический анализ. М., 1987. 256 с.
16. Федорук А.Г., Доброхотова Т.А. Функциональные асимметрии человека в операторской деятельности // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1980. № 5. С. 39–42.
17. Фонсова Н.А., Шестова И.А., Шульговский В.В. Особенности воспроизведения интервалов времени и индивидуальная структура ЭЭГ у человека // Журн. высш. нерв. деят. им. И. П. Павлова. 1997. Т. 47, № 1. С. 3–10.
18. Шевелев И.А., Костелянец Н.Б., Каменкович В.М., Шараев Г.А. Опознание движения и альфа-волна ЭЭГ // Сенсорные системы. 1991. Т. 5, № 3. С. 54–59.
19. Шестова И.А., Фонсова Н.А. Лабильность фонового альфа-ритма человека при некоторых функциональных нагрузках // Биол. науки. 1989. № 3. С. 42–50.
20. Aydarkin E.K., Kundupyan O.L., Kundupyan J.L. Neurophysiological indicators of action quality at solving verbal and nonverbal tasks // J. Integr. Neurosci. 2013. Mar; 12(1): P. 57–72.
21. Basar E., Schurmann M. Alpha rhythms in the brain: functional correlates // News in Physiol. Sci. 1996. Vol. 11. P. 90–96.
22. Nunez P.L. Neocortical Dynamics and Human EEG Rhythms. Oxford University Press, 1995.
23. Greicius M.D., Krasnow B., Reiss A.L., Menon V. Functional connectivity in the resting brain: a network analysis of the default mode hypothesis // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2003. Vol. 100 (1). P. 253–258.
24. Mangun G. R. Neural mechanisms of visual selective attention // Psychophysiology. 1995. Jan; 32(1). P. 4–18.
25. Steriade M., Gloor P., Llinas R.R., Lopes da Silva F.H., Mesulam M.-M. Basic mechanisms of cerebral rhythmic activities // Electroenceph. clin. Neurophys. 1990. Vol. 76. P. 481–508.
26. Van Beijsterveldt C.E., van Baal G.C. Twin and family studies of the human electroencephalogram: a review and a meta-analysis // Biol. Psychol. 2002. Vol. 61 (1–2). P. 111–138.