

## ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 57.024

О СВЯЗИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ С УРОВНЕМ ИНТЕЛЛЕКТА

Е.П. Станкова\*, И.Ю. Мышкин

*Кафедра физиологии человека и животных, факультет биологии и экологии, Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова; Россия, 150057, г. Ярославль, Матросова пр-д, д. 9**\*e-mail: stankova-katia@yandex.ru*

Работа посвящена изучению связи между индивидуальными особенностями электроэнцефалограммы (ЭЭГ), зарегистрированной в состоянии спокойного бодрствования, и уровнем невербального интеллекта. В исследовании приняли участие 77 студентов Ярославского государственного университета имени П.Г. Демидова. При анализе связей IQ со спектральными характеристиками тета-, альфа- и двух диапазонов бета-ритмов ЭЭГ выявлено, что амплитуда и мощность альфа- и низкочастотного бета-ритмов положительно связаны с успешностью решения теста невербальных интеллектуальных способностей. Разнообразие периодических режимов мозга оценивали с помощью корреляционной размерности ЭЭГ (CD). Корреляционная размерность является количественной характеристикой аттрактора нелинейно-динамической системы, дающей информацию о степени сложности ее поведения. Нами установлено, что величина корреляционной размерности положительно связана с уровнем интеллекта. Для изучения периодичности сигнала ЭЭГ использовали автокорреляционный анализ. Показано, что длительность автокоррелограммы имеет отрицательную связь с IQ, а размах графика автокорреляционной функции положительно связан с коэффициентом интеллекта. Получено регрессионное уравнение, позволяющее прогнозировать уровень невербального интеллекта на основе мощности тета- и бета-ритмов, индексов альфа-ритма, амплитуды и автокорреляционных характеристик сигнала ЭЭГ.

**Ключевые слова:** ЭЭГ, альфа-ритм, бета-ритм, тета-ритм, автокорреляционный анализ ЭЭГ, корреляционная размерность ЭЭГ, интеллект.

В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем психофизиологии считают поиск объективных критериев успешности когнитивной деятельности, в том числе и интеллекта. Начиная с работ Ч. Спирмена, психологи английской школы исследования интеллекта предполагают, что существует некий общий фактор, который влияет на успешность прохождения испытуемым большинства тестов способностей. Ч. Спирмен назвал этот фактор генеральным, или “фактором G”, в работах Р. Кеттелла это — “подвижный интеллект”. На сегодняшний день концепция интеллекта Г. Айзенка является, на наш взгляд, наиболее развитой. В ней наиболее фундаментальный аспект интеллекта, который служит физиологической основой познавательного поведения, был назван биологическим интеллектом [1].

В противоположность социальному и психометрическому интеллекту, биологический мало зависит от влияния среды, а в основном связан с генетически определенными задатками. Логично предположить, что, если существует биологический интеллект, то он каким-то образом связан с особенностями строения или работы головного мозга. Поэтому одной из важнейших проблем физиологии и психофизиологии является определение особенностей функционирования головного

мозга, которые определяют тот или иной уровень интеллекта. В ряде исследований показано, что индивидуальные характеристики электроэнцефалограммы (ЭЭГ) во многом определены генетически и могут быть использованы для изучения когнитивных способностей [2].

Несмотря на большое количество публикаций, отражающих связь когнитивных процессов с особенностями электрической активности мозга, вопрос о существовании чётких электрофизиологических биомаркёров процессов интеллекта далёк от своего решения.

Во-первых, трудности в интерпретации полученных результатов обусловлены использованием различных когнитивных тестов. Особенности электрической активности мозга по-разному влияют на различную тестовую деятельность [3], поэтому в данной работе мы использовали тест свободный от влияния культуры, который не требует ни математических навыков, ни обращения к аппарату долговременной памяти.

Во-вторых, большинство современных исследований, посвященных изучению связи уровня интеллекта с особенностями организации электрической активности мозга, затрагивают лишь спектральные характеристики ЭЭГ [4–7]. Однако спектральные характеристики не дают информа-

ции о периодичности сигнала ЭЭГ, его сложности и временной динамике. Было показано, что в структуре ЭЭГ помимо регулярных составляющих, можно выявить хаотическую составляющую, которая не является шумом и отражает сложность организации электрической активности мозга. Изучать её можно методами нелинейной динамики, в том числе используя корреляционную размерность восстановленного аттрактора ЭЭГ [8]

Современные литературные данные свидетельствуют в пользу того, что фоновая активность мозга во многом определяет характер его вызванной активности [9], поэтому в данной работе мы остановились на изучении электрической активности мозга в состоянии спокойного бодрствования. Целью настоящего исследования стало изучение связи между индивидуальными особенностями ЭЭГ и уровнем интеллекта. Для комплексного изучения ЭЭГ мы применили как линейные, так и нелинейные методы анализа, и связали особенности фоновой электрической активности с успешностью решения теста на интеллект.

### Материалы и методы

В исследовании приняли участие 77 человек в возрасте от 19 до 26 лет обоего пола. Все испытуемые были студентами Ярославского государственного университета имени П.Г. Демидова и дали письменное информированное согласие на участие в исследовании. Регистрация ЭЭГ проводилась в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами. Применялся монополярный способ отведения с ипсилатеральным референтным ушным электродом (A1, A2). Восемь пар активных электродов располагались в соответствии с международной системой “10–20” в переднелобных (Fp1, Fp2), лобных (F3, F4), нижнелобных (F7, F8), центральных (C3, C4), теменных (P3, P4), затылочных (O1, O2), височных (T3, T4) и задневисочных (T5, T6) отведениях. Запись проводилась с помощью исследовательского комплекса “Нейрон-Спектр-4/ВПМ” (Нейрософт, Россия). Частота опроса составляла 500 Гц, полоса пропускания от 0,5 до 35 Гц. Сопротивление электродов не превышало 20 кОм. После удаления артефактов на основе визуального анализа записи, она подвергалась четырём видам анализа: спектральному, амплитудному, автокорреляционному и вычислению корреляционной размерности ЭЭГ. Первые три вида анализа были реализованы с помощью программного обеспечения “Нейрон-спектр.NET” (Нейрософт, Россия). Для анализа выбирали 20 эпох продолжительностью 5 сек. Спектральный и амплитудный анализы производили в следующих частотных диапазонах ЭЭГ: тета-ритм (4–8 Гц), альфа-ритм (8–14 Гц), низкочастотный бета-ритм (14–20 Гц), высокочастотный бета-ритм (20–35 Гц). Помимо амплитуд отдельных ритмических составляющих оценивали общую амплитуду сигнала ЭЭГ. Автокорреляционный анализ прово-

дили на отрезках 500 мс. Корреляционная размерность является количественной характеристикой аттрактора нелинейно-динамической системы, дающей информацию о степени сложности ее поведения. Корреляционная размерность ЭЭГ косвенно характеризует разнообразие периодических режимов мозга. Её рассчитывали с помощью программного обеспечения, разработанного в ЯрГУ по алгоритму Грассбергера-Прокаччия [10]. Для вычисления корреляционной размерности восстановленного аттрактора ЭЭГ использовали 40000 отсчетов (1 мин 20 сек чистой записи). На этом отрезке сигнала размещали 800 эпох длительностью 122 мс.

Оценку невербального интеллекта проводили с помощью теста “Домино”. Основным элементом всех тестовых заданий является изображение фишек домино, расположенных в соответствии с различными закономерностями. Одна из фишек (последняя в ряду) “пустая”, обозначается пунктирным контуром. Испытуемый должен был выявить принцип, согласно которому выстроены фишки, и определить ту фишку, которую следует поставить на место, обозначенное пунктиром. Тест “Домино” относится к тестам интеллекта, свободным от влияния культуры и не требует арифметических способностей. Проверку нормальности распределения проводили с использованием критерия Шапиро-Уилка. Считали, что данные подчиняются закону нормального распределения, при  $p > 0,05$ .

Для сокращения количества первичных анализируемых данных ЭЭГ, а также для изучения их структуры применяли факторный анализ. Последующий анализ проводили с данными, для которых главный фактор объяснял более 66% дисперсии значений. Редукцию данных проводили по каждому отведению, а затем по всему исследуемому диапазону ЭЭГ.

Связь между параметрами оценивали по коэффициенту корреляции Пирсона. Уровень значимости принимали равным  $p < 0,05$ .

При составлении модели, прогнозирующей уровень интеллекта, применяли множественный регрессионный анализ методом последовательного исключения переменных. Уровень значимости коэффициентов в уравнении составлял  $p < 0,05$ . Вычисляли коэффициент множественной корреляции и коэффициент детерминации.

Проверку адекватности регрессионной модели проводили методом построения ROC-кривой (receiver operating characteristic). Этот график позволяет оценить точность бинарной классификации. Он показывает зависимость числа истинно положительных примеров от числа ложно отрицательных примеров. Качество регрессионной модели можно оценить на основании площади под ROC-кривой (area under curve, AUC), чем больше площадь, тем лучшей прогностической способностью обладает модель. Построение ROC-кривой, вычисление площади под кривой, чувствительности и специфичности модели производили в программе MedCalc Statistical.

## Результаты и обсуждение

Из 77 обследованных нами испытуемых 15 обладали интеллектом выше среднего ( $>110$  баллов по тесту “Домино”, согласно руководству к тесту), один человек обладал интеллектом ниже среднего ( $<90$  баллов). Средний бал интеллекта в выборке составил  $104 \pm 7$ .

При качественной оценке спектров мощности сигнала ЭЭГ мы обнаружили следующую закономерность. У всех испытуемых, обладающих невербальным интеллектом выше среднего, альфа-ритм на ЭЭГ был хорошо выражен, а спектр мощности чаще всего характеризовался бимодальным или полимодальным затылочным и теменным альфа-ритмом. Такие спектры были обнаружены у 11 из 15 обследованных, и лишь у четырех испытуемых можно было наблюдать мономодальный альфа-ритм.

У испытуемых со средним уровнем интеллекта не было выявлено преобладания какого-либо определенного типа спектров альфа-ритма. Таким образом, на основании качественного анализа можно предположить наличие связи между разнообразием генераторов ритмов в альфа-диапазоне ЭЭГ и показателем интеллекта.

При анализе связей уровня интеллекта со спектральными параметрами ЭЭГ было установлено, что IQ был связан с амплитудой, мощностью и индексом альфа-ритма ЭЭГ в затылочных (O1, O2), теменных (P3, P4), центральных (C3, C4), височных (T3, T4) и левом задневисочном (T5) отведениях. Значимые коэффициенты корреляции составили от  $+0,25$  до  $+0,33$  (рис. 1).

Аналогичные данные были получены для низкочастотного бета-ритма (14–20 Гц). Его амплитуда и мощность были положительно связаны с коэффициентом интеллекта в затылочных (O1, O2), теменных (P3, P4), центральных (C3, C4), левом лобном (F3) и левом задневисочном (T5) отведениях (рис. 2). Коэффициенты корреляции составили от  $+0,25$  до  $+0,36$ .

В обоих случаях максимальное значение коэффициентов корреляции наблюдалось в центральных и теменных отведениях, при этом для правого полушария величина связи была меньше, чем для левого.

При нелинейном анализе ЭЭГ была обнаружена положительная связь уровня интеллекта с разнообразием периодических режимов мозга в левом переднелобном и правом лобном отведении. Коэффициент корреляции Пирсона между результатами теста “Домино” и корреляционной размерностью ЭЭГ составил в обоих случаях  $+0,23$ . Таким образом, чем более “сложным” был паттерн сигнала ЭЭГ во фронтальных и префронтальных отведениях, тем выше был уровень интеллекта испытуемых.

Положительную связь уровня интеллекта с размахом (амплитудой) графика автокорреляционной функции наблюдали в левых лобном, центральном, теменном и височном отведениях (рис. 3, А, Б). Размах автокорреляционной функции в целом мо-

жет характеризовать степень сходства одного участка ЭЭГ с отрезком той же записи, сдвинутым на определенный промежуток времени. Нами также показана отрицательная связь времени первого пересечения с нулем (рис. 3, В) и максимального интервала автокорреляционной функции с уровнем интеллекта. Эти параметры характеризуют время затухания автокорреляционной функции, и, следовательно, устойчивость периодики. Периодика на автокорреллограмме затухает тем быстрее, чем больше процесс отличается от истинно периодического. Чем более регулярным был альфа-ритм ЭЭГ на коротких временных интервалах, порядка нескольких десятых секунды, и чем чаще изменялась динамика сигнала ЭЭГ испытуемого, тем выше был уровень интеллекта обследованных студентов. Мы предполагаем, что такой характер сигнала ЭЭГ отражает модуляцию альфа-ритма в веретена.

Значимые коэффициенты корреляции IQ со всеми выше описанными параметрами ЭЭГ находились в пределах от  $+0,23$  до  $+0,36$ . Следовательно, каждый из описанных параметров в отдельности может объяснить лишь около 10% дисперсии изучаемого признака. Поэтому для более полной характеристики связи ЭЭГ и IQ целесообразно использовать комплекс показателей сигнала одновременно. Для этого нами было составлено уравнение регрессии. Коэффициент множественной регрессии составил уже  $0,59$ , а коэффициент детерминации —  $0,35$ . Таким образом, уравнение объясняет 35 процентов дисперсии коэффициента интеллекта в выборке.

Полученная регрессионная модель, позволяет предсказать уровень интеллекта на основе мощности тета- и бета-ритмов, индексов альфа-ритма, амплитуды и автокорреляционных характеристик сигнала ЭЭГ.

$$IQ = 100,19 - 0,18a - (0,36b - 0,25c) - 0,36d + 0,18e + 13,43f, \quad (1)$$

где  $a$  — мощность тета-ритма в отведении F4;  $b$  — индекс альфа ритма в отведении C4;  $c$  — индекс альфа ритма в отведении T4;  $d$  — мощность высокочастотного бета-ритма в отведении T6;  $e$  — максимальная амплитуда сигнала ЭЭГ в отведении P3;  $f$  — максимальный размах автокорреляционной функции в отведении C3.

Уровень значимости уравнения  $p < 0,00002$ .

На прогнозируемый уровень интеллекта положительно влияют амплитуда ЭЭГ в правом теменном отведении, уменьшение градиента индекса альфа-ритма от правых центрального к височному отведению и размах автокорреллограммы ЭЭГ в левом центральном отведении. Отрицательно связаны с уровнем интеллекта выраженность тета-ритма в правом лобном отведении и мощность высокочастотного компонента бета-ритма в правом задневисочном отведении на фоновой ЭЭГ испытуемого.

Мы проверили, насколько хорошо модель может разделить испытуемых на два класса — испытуемых со средним интеллектом и с интеллектом

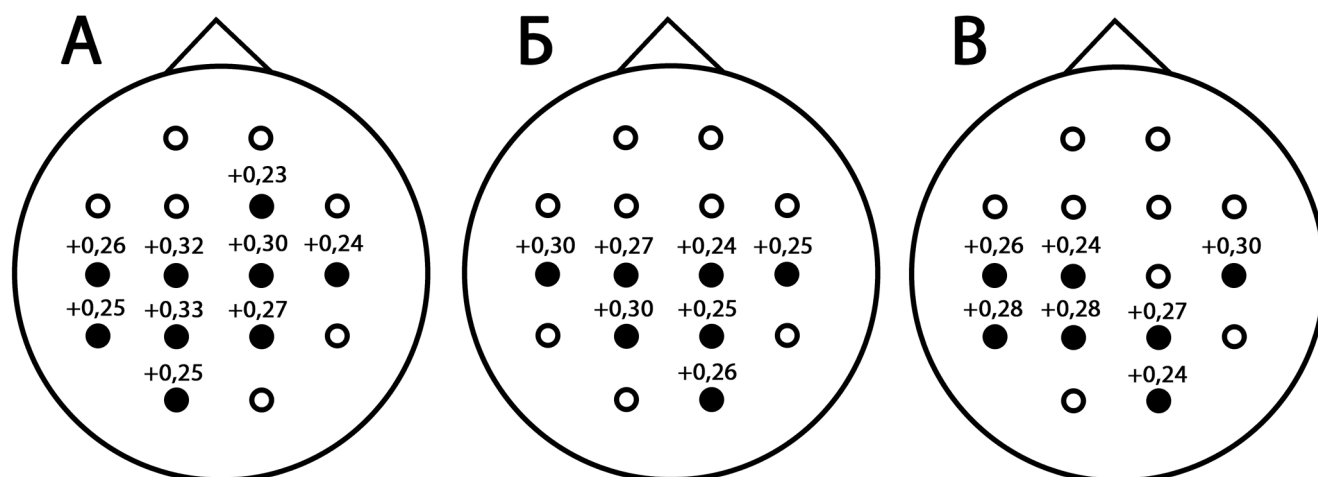


Рис. 1. Коэффициенты корреляции между IQ и максимальной амплитудой альфа-ритма (А), мощностью альфа-ритма (Б), индексом альфа-ритма (В) ( $p < 0,05$ )

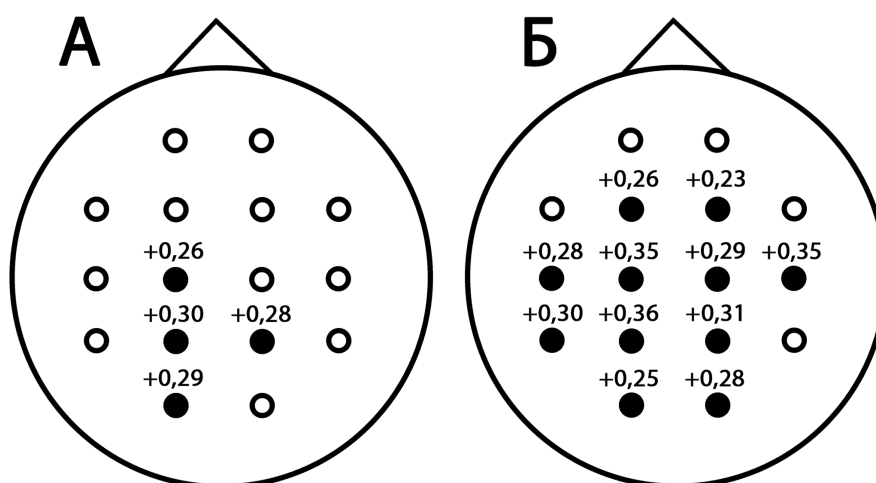


Рис. 2. Коэффициенты корреляции между IQ и амплитудой (А) и мощностью (Б) низкочастотного бета-ритма ( $p < 0,05$ )

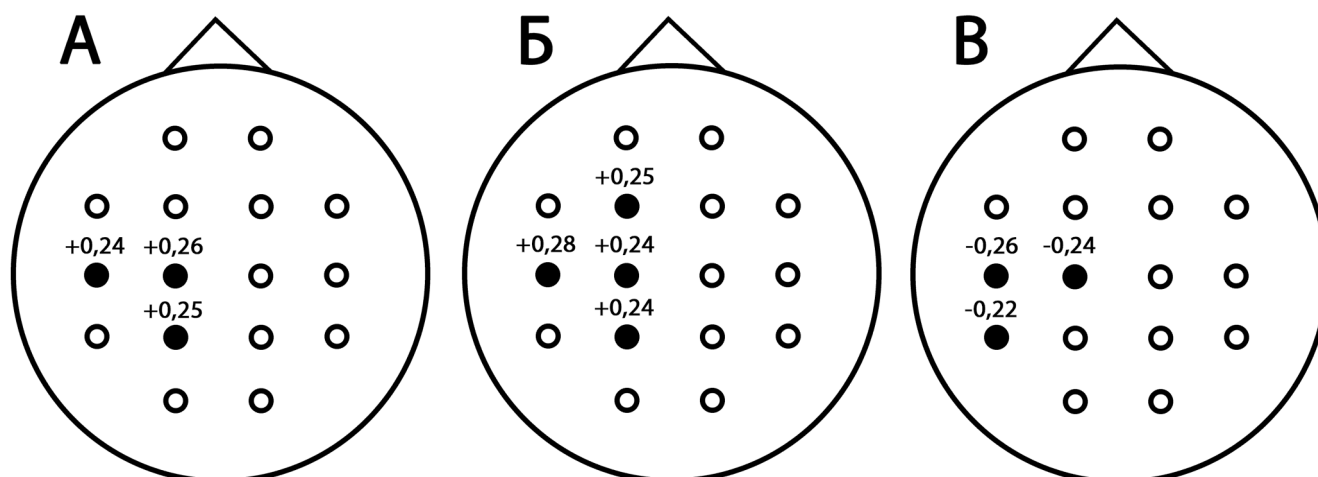


Рис. 3. Коэффициенты корреляции между IQ и максимальным размахом графика функции автокорреляции (А), средним размахом графика функции автокорреляции (Б), временем первого пересечения с нулём графика функции автокорреляции (В) ( $p < 0,05$ )

выше среднего. Для этого оценили площадь под ROC-кривой. Она составила 0,91, что может характеризовать качество нашей модели как отличное. Значение точки отсечения составило 107, т.е. если модель предсказывает уровень IQ, равный 107, таких испытуемых следует относить в группу с интеллектом выше среднего. При этом параметр чувствительности составил 80, а специфичности — 84. Чувствительность модели показывает, насколько хорошо она может выявить лиц, обладающих высоким интеллектом. Однако слишком чувствительная модель будет относить к группе одаренных даже тех испытуемых, которые таковыми не являются. Специфичность модели характеризует её способность выявлять лиц, не обладающих высоким интеллектом. В данном случае чувствительность и специфичность сбалансированы и достаточно высоки.

Одной из переменных уравнения, позволяющего предсказать уровень интеллекта, являлась максимальная амплитуда сигнала ЭЭГ. Чем больше она была, тем больше был IQ испытуемого. Суммарная амплитуда ЭЭГ зависит как от количества нейронных генераторов ЭЭГ, так и от их фазовой синхронизации [5]. Учитывая современные гипотезы о том, что временная и пространственная структура фоновой активности головного мозга определяют его вызванную активность [9], можно предположить, что высокий уровень синхронизации нейронных популяций в состоянии спокойного бодрствования наилучшим образом подготавливает их к восприятию и обработке информации при активном бодрствовании. Однако частота, на которой происходит синхронизация нейронной активности, имеет существенное влияние на уровень интеллекта.

Полученные данные о положительной связи параметров альфа-ритма и низкочастотного бета-ритма с уровнем интеллекта согласуются с данными литературы о том, что выраженность на фоновой ЭЭГ ритмической составляющей с частотой 8–13 Гц положительно связана с успешностью решения когнитивных задач [7, 11]. В литературе показано, что ритмическая активность в нижнем альфа-диапазоне связана с функцией внимания, в то время как высокочастотный альфа-ритм отражает способность обрабатывать семантическую информацию [12]. Поэтому сдвиг фоновой электрической активности мозга в сторону более медленных ритмов сопровождается снижением продуктивности познавательной деятельности [13]. По данным литературы высокочастотный альфа-ритм и низкочастотный бета-ритм имеют сходные корково-подкорковые генераторы и отражают работу системы “таламус — островковая доля — поясная извилина” [14], поэтому можно предположить, что эти два ритма имеют сходную функциональную роль. Так как процесс решения теста “Домино” требовал осмысленной обработки поступающей информации, можно сделать вывод о том, что ЭЭГ одаренных испытуемых должна характеризоваться выраженной электрической активностью в диапазонах

высокочастотного альфа-ритма и низкочастотного бета-ритма.

В то же время, IQ увеличивается по мере снижения выраженности тета-ритма и высокочастотного бета-ритма на ЭЭГ. Высокочастотный бета-ритм больше характерен для состояния активного бодрствования и находится в реципрокных отношениях с альфа-ритмом. Поэтому наличие на фоновой ЭЭГ высокочастотного бета-ритма говорит об отсутствии синхронизации и нейронных ансамблей. Отрицательная связь уровня интеллекта с выраженностью тета-ритма может быть объяснена с позиций ограничений, которые тета-ритм накладывает на процессы внимания. Установлено, что, в отличие от здоровых испытуемых, подростки, страдающие синдромом дефицита внимания, характеризуются повышенной выраженностью тета-ритма в лобных отведениях, при этом преимущественно с левой стороны [15]. Наши данные об обратном влиянии альфа- и тета-ритмов на уровень интеллекта подтверждают данные, представленные в литературе [16].

В данном исследовании для оценки уровня интеллекта нам было важно найти такие измеряемые величины, которые характеризовали бы системные процессы в головном мозге. Для этих целей мы использовали корреляционную размерность восстановленного аттрактора ЭЭГ. По данным литературы, при помощи этой величины можно судить, насколько генерализованно протекают процессы в головном мозге или насколько вариативна его деятельность [17]. Нами была продемонстрирована положительная связь между величиной корреляционной размерности и уровнем интеллекта. Можно прийти к выводу о том, что величина корреляционной размерности может служить непосредственным показателем уровня интеллекта, так как отражает лабильность нейродинамики мозга. Данные автокорреляционного анализа показали, что чем выше интеллект испытуемых, тем больше электрическая активность мозга отличается от истинно периодической. В целом, на основании анализа связи IQ со спектрами мощности ЭЭГ, с корреляционной размерностью и автокорреляционными характеристиками можно предположить, что сигнал ЭЭГ интеллектуально одаренных испытуемых должен иметь сложную временную структуру.

Таким образом, показано, что амплитуда и мощность альфа- и низкочастотного бета-ритмов фоновой ЭЭГ положительно связаны с уровнем интеллекта, как и корреляционная размерность ЭЭГ во фронтальных отведениях. Амплитуда автокоррелограммы ЭЭГ положительно связана с уровнем невербального интеллекта испытуемого, длительность автокоррелограммы ЭЭГ отрицательно связана с IQ. Получено уравнение регрессии, предсказывающее уровень невербального интеллекта на основании мощности тета- и бета-ритмов, индексов альфа-ритма, амплитуды и автокорреляционных характеристик сигнала ЭЭГ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенк Г.Ю. Интеллект: Новый взгляд // Вопр. психологии. 1995. № 1. С. 111–129.
2. Марютина Т.М. Промежуточные фенотипы интеллекта в контексте генетической психофизиологии // Психология. Журн. Высш. шк. экономики. 2007. Т. 4. № 2. С. 22–47.
3. Новикова С.И. Ритмы ЭЭГ и когнитивные процессы // Соврем. зарубеж. психология. 2015. Т. 4. № 1. С. 91–108.
4. Anokhin A., Vogel F. EEG alpha rhythm frequency and intelligence in normal adults // Intelligence. 1996. Vol. 23. N 1. С. 1–14.
5. Thatcher R.W., North D., Bivera C. EEG and intelligence: Relations between EEG coherence, EEG phase delay and power // Clin. Neurophysiol. 2005. Vol. 116. N 9. P. 2129–2141.
6. Воробьёва Е.В. Интеллект и мотивация достижения: психофизиологические и психогенетические предикторы: Автореф. дисс. ... докт. психол. наук. Ростов-на-Дону, 2007. 47 с.
7. Ahmed S.A., Rani D.E., Sattar S.A. Alpha activity in EEG and intelligence // IJAIT. 2012 Vol. 2. N 1. P. 27–36.
8. Кочубейков Б.К., Сорокина М.А., Пашев В.И. Особенности нелинейной динамики ЭЭГ в различных возрастных группах // Междунар. журн. эксперим. образования. 2013. № 4. С. 1–14.
9. Papo D. Why should cognitive neuroscientists study the brain's resting state? // Front. Hum. Neurosci. 2013. Vol. 7. P. 45.
10. Grassberger P., Procaccia I. Measuring the strangeness of strange attractors // Physica D: Nonlinear Phenomena. 1983. Vol. 9. N 1 P. 189–208.
11. Zoefel B., Huster R.J., Herrmann C.S. Neurofeedback training of the upper alpha frequency band in EEG improves cognitive performance // NeuroImage. 2011. Vol. 54. N 2 P. 1427–1431.
12. Doppelmayr M., Klimesch W., Stadler W., Heine C. EEG alpha power and intelligence // Intelligence. 2002. Vol. 3. N 30. P. 289–302.
13. Van der Meer M.L., Tewarie P., Schoonheim M.M., Douw L., Barkhof F., Polman C.H., Stam C.J., Hillebrand A. Cognition in MS correlates with resting-state oscillatory brain activity: An explorative MEG source-space study // Neuroimage Clin. 2013. Vol. 2. P. 727–734.
14. Sadaghiani S.I., Scheeringa R., Lehongre K., Morillon B., Giraud A.L., Kleinschmidt A. Intrinsic connectivity networks, alpha oscillations, and tonic alertness: a simultaneous electroencephalography / functional magnetic resonance imaging study // J. Neurosci. 2010. Vol. 30. N 30. P. 10243–10250.
15. Hermens D.F., Soei E.X., Clarke S.D., Kohn M.R., Gordon E., Williams L.M. Resting EEG theta activity predicts cognitive performance in attention-deficit hyperactivity disorder // Pediatr. Neurol. 2005. Vol. 32. N 4. P. 248–256.
16. Hanslmayr S., Sauseng P., Doppelmayr M., Schabus M., Klimesch W. Increasing individual upper alpha power by neurofeedback improves cognitive performance in human subjects // Appl. Psychophysiol. Biofeedback. 2005. Vol. 30. N 1. P. 1–10.
17. Меклер А.А. Применение аппарата нелинейного анализа динамических систем для обработки сигналов ЭЭГ // Вестн. новых мед. технологий. 2007. Т. 14. № 1. С. 73–77.

Поступила в редакцию 25.07.2016

Принята в печать 05.09.2016

## PHYSIOLOGY

## ASSOCIATION BETWEEN INDIVIDUAL EEG CHARACTERISTICS AND LEVEL OF INTELLIGENCE

E.P. Stankova\*, I.Y. Myshkin

<sup>1</sup>Department of Human and Animal Physiology, School of Biology and Ecology, Demidov Yaroslavl State University, Matrosova proezd 9, Yaroslavl, 150057, Russia;

\*e-mail: stankova-katia@yandex.ru

The aim of the study was to investigate the relationship between individual characteristics the electroencephalogram in the resting state and the level of non-verbal intelligence. The study involved 77 students of Yaroslavl State University. Analyzing the relationship between IQ and spectral parameters of EEG theta, alpha and two sub bands of beta oscillations, we have found out that amplitude and power of alpha band EEG oscillations and low frequency beta band EEG oscillations were positively correlated with test performance. The variety of brain periodic regimes was assessed by using correlation dimension of EEG. The correlation dimension can be used to quantify the degree of complexity of nonlinear dynamical system. It was found to be EEG correlation dimension was positively associated with the level of intelligence. To study the periodicity of the EEG signal was used the autocorrelation EEG analysis. It was shown that autocorrelation duration was negatively associated with non-verbal intelligence level, and autocorrelation amplitude was positively associated with IQ. We have deduced the regression equation which allows to predict the level of non-verbal intelligence based on individual EEG characteristics.

**Keywords:** EEG, alpha-band oscillations, beta-band oscillations, theta-band oscillations, EEG autocorrelation analysis, correlation dimension, intelligence.

## Сведения об авторах

Станкова Екатерина Петровна — аспирант кафедры физиологии человека и животных факультета биологии и экологии Ярославского государственного университета имени П.Г. Демидова. Тел. 8-485-244-29-28; e-mail: stankova-katia@yandex.ru

Мышкин Иван Юрьевич — докт. биол. наук, проф. кафедры физиологии человека и животных факультета биологии и экологии Ярославского государственного университета имени П.Г. Демидова. Тел. 8-485-244-29-28; e-mail: myshkin-iwan@yandex.ru