



ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ДЕТЕЙ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА 3DLocEEG

С.С. Бекшаев¹, С.А. Бумакова², О.Д. Пинчук³, Д.Ю. Пинчук³, М.Г. Дудин²

¹Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова

²Восстановительный центр детской ортопедии и травматологии «Огонек»

³Городской центр восстановительного лечения детей с психоневрологическими нарушениями, Санкт-Петербург

Цель исследования. Анализ результатов использования оригинальной программы оценки биоэлектрической активности мозга — 3DLocEEG.

Материал и методы. Обработке по указанной программе была подвергнута 131 ЭЭГ, в каждой — 36 односантиметровых срезов мозга (12 сагиттальных, 12 горизонтальных, 12 фронтальных). Всего 4 716 срезов. Оценивалось количество дипольных источников в каждом срезе на порогах в 25, 50 и 75 % от максимальной мощности. Всего было проанализировано 14 148 срезов. Полученная информация о трехмерном распределении эквивалентных диполей обрабатывалась с использованием программного пакета «Statistica 6.0».

Результаты. Выявлена отличающаяся от нормы своеобразная частотно-временная картина биоэлектрической активности головного мозга. Дискриминантный анализ полученных данных показал, что различные варианты указанной картины достоверно коррелируют с такой характеристикой идиопатического сколиоза (ИС), как его прогрессирующее или непрогрессирующее развитие. Детальный анализ позволил выявить те отделы головного мозга, которые оказались наиболее значимыми в формировании характерной для пациентов с ИС общей частотно-временной картины биоэлектрической активности. Это базальные структуры — гипоталамус, гипофиз и эпифиз. Отличающаяся от нормы биоэлектрическая активность в этих структурах расценена как признак дисрегуляции.

Заключение. Выявленные признаки дисрегуляции структур головного мозга касаются процессов, определяющих продольный рост позвоночного столба и его элементов, и могут быть одним из факторов, приводящим к формированию ИС.

Ключевые слова: биоэлектрическая активность, идиопатический сколиоз, центральная нервная система, дисрегуляторные процессы.

FEATURE ANALYSIS OF CENTRAL NERVOUS SYSTEM IN CHILDREN WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS USING 3DLocEEG METHOD

S.S. Bekshaev, S.A. Bumakova, O.D. Pinchuk
D.Yu. Pinchuk, M.G. Dudin

Objective. To analyze the application results of innovator program for the assessment of brain bioelectric activity 3DLocEEG.

Material and Methods. The program was run to assess 131 electroencephalograms each recorded from 36 brain slices of 1-cm thickness (12 sagittal, 12 horizontal, and 12 coronal slices) — a total of 4716 slices. The number of dipole sources in each slice was determined at the thresholds of 25, 50, and 75 % of maximum power. A total of 14148 slices were analyzed. The obtained data of three-dimensional distribution of equivalent dipoles were processed using a statistical software package «Statistica 6.0».

Results. The analysis revealed abnormal unusual time-and-frequency pattern of the brain bioelectric activity. Discriminatory analysis of the obtained data showed that different variants of this pattern are reliably correlated with the most offensive characteristic of idiopathic scoliosis — its progressing or non-progressing development. Detailed analysis allowed identification of brain parts most significant in generation of time-and-frequency pattern of bioelectric activity pathognomic for patients with idiopathic scoliosis. These are basal structures — hypothalamus, hypophysis, and pineal body. Abnormal bioelectric activity in these structures is considered as a sign of disregulation.

Conclusion. The revealed signs of disregulation in the brain structures concern the processes controlling longitudinal growth of the spine and its components and can be one of the factors that induce idiopathic scoliosis.

Key Words: bioelectric activity, idiopathic scoliosis, central nervous system, disregulation processes.

Hir. Pozvonoc. 2007;(2):40–48.

Данное исследование является логическим продолжением цикла работ, проводимых в течение последних лет в ВЦДОТ «Огонек» и посвященных изучению роли центральной нервной системы (ЦНС) в этиопатогенезе идиопатического сколиоза (ИС). На предыдущих этапах комплексного исследования, с использованием клинических способов оценки ЭЭГ и нетрадиционного способа анализа биоэлектрической активности (БА) головного мозга – метода вероятностей переходов ритмов ЭЭГ [1], нами было показано, что временная структура ЭЭГ у детей с ИС достоверно отличается от таковой у здоровых сверстников [8]. В результате установлено, что продольная (в лобно-затылочном направлении) структура корреляционных связей, характерная для здоровых детей, у пациентов с ИС начинает приобретать выраженное поперечное направление. Усиление выраженности межполушарных связей коррелировало с тяжестью деформации позвоночного столба. Кроме этого были выявлены достоверные отличия структуры вероятностей переходов между основными ритмами ЭЭГ. У больных с деформацией позвоночного столба III–IV степени (по В.Д. Чаклину) мы регистрировали резкое снижение количества вероятностей переходов, обеднение палитры связей, разрушение ядер α -ритма, утрату связей волн β - и θ -диапазонов с волнами α -ритма. Причем, это необходимо подчеркнуть особо, указанные отличия ЭЭГ у пациентов с ИС начинают проявляться уже при I степени заболевания, когда говорить о существенности деформации позвоночного столба еще не представляется возможным.

Полученные результаты позволили нам трактовать наблюдаемые ЭЭГ-феномены как проявление дисфункции центральных регуляторных структур с наибольшей выраженностью в верхнестебловых и дизэнцефальных областях и в области заднего гипоталамуса. Однако методические ограничения использованных способов оценки БА головного мозга

детей с ИС не позволяют нам с достаточной степенью точности охарактеризовать процессы, проходящие в ЦНС у данной категории больных, и однозначно ответить на вопросы о роли конкретных систем и структур головного мозга в этиопатогенезе ИС.

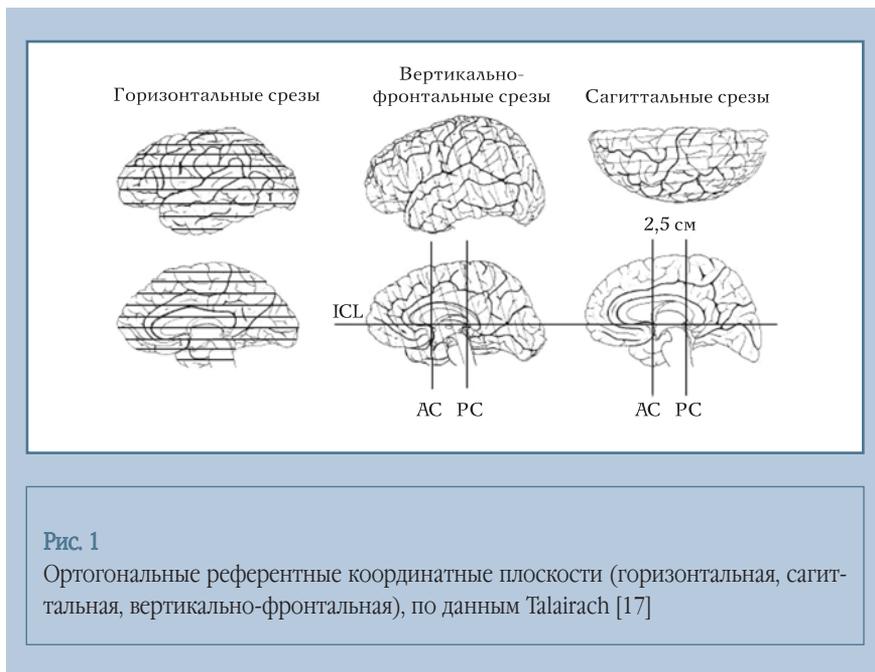
Цель нашей работы – анализ результатов использования оригинальной программы оценки БА мозга – 3DLocEEG [2].

Материал и методы

Программа 3DLocEEG основана на динамическом вычислении координат эквивалентных дипольных источников, которые можно трактовать в качестве источников, порождающих традиционную ЭЭГ, регистрируемую на скальпе. Она относится к программам, решающим так называемую обратную задачу энцефалографии [6]. Наиболее распространенными программами этого класса в нашей стране являются «Brain-lock» и «LORETA» [4, 6, 10], возможности которых по ряду параметров (разрешение, преимущественная оценка корковых источников и т.д.) не позволяют использовать их для решения стоящей перед нами задачи – дать оценку функциональному состоянию различных глубоких структур головного мозга у детей с ИС и определить их роль в возникновении и развитии трехплоскостной деформации позвоночного столба. Поэтому для анализа ЭЭГ использовалась разработанная нами программа, во многом лишенная этих недостатков. В ней применяется математический аппарат, который позволяет по измеренным на поверхности черепа электрическим потенциалам оценить координаты и временную динамику появления в трехмерном пространстве головного мозга (послойно, с шагом в 1 см, в горизонтальных, фронтальных и сагиттальных срезах) эквивалентных дипольных источников, порождающих поверхностно-регистрируемое электрическое поле, то есть собственно ЭЭГ. Данная программа позволяет во многом решить так называемую обратную за-

дачу ЭЭГ. Суть ее сводится к математической процедуре выделения из суммарных потенциалов, регистрируемых со скальпа (ЭЭГ и вызванные потенциалы), источников их генерации, расположенных в трехмерном пространстве головного мозга [7, 15]. Это сложная и неоднозначная задача как в математическом, так и в физиологическом плане. Однако ее успешная реализация позволяет существенно приблизиться к решению основной диагностической задачи клинической электроэнцефалографии – определению источников активности, в том числе и патологической, а также осуществление привязки к структурам, их генерирующим. В программе использована модель подвижного эквивалентного электрического диполя в изотропном пространстве. Реализован алгоритм минимизации вклада недипольных компонент в мультипольном разложении потенциала. Ранее этот алгоритм был предложен для решения задачи трехмерной локализации дипольных источников при электрокардиографии [12].

Для каждого случая оцифрованной ЭЭГ программа вычисляет координаты эквивалентного электрического диполя в соответствии с указанным алгоритмом. Поскольку потенциалы ЭЭГ непрерывно изменяются, то точка с указанными координатами перемещается в пространстве. Траектория этой точки визуализируется и отображается на анатомические структуры головного мозга в соответствии с данными атласа Mai et al. [14], в котором используется система внутримозговых координат Talairach [17]. В системе координат Talairach точки мозга определяются посредством ортогональных референтных координатных плоскостей: горизонтальной, сагиттальной и вертикально-фронтальной (рис. 1). Горизонтальные плоскости располагаются от высшей до низшей точек гемисферы и параллельны межкомиссуральной плоскости (ICL), проходящей через наружную границу передней комиссуры (AC) и внешнюю границу задней комиссуры (PC). Сагиттальные плоскости



проходят параллельно средней сагиттальной плоскости, располагаясь по обе стороны от нее, и простираются до крайних точек гемисфер. Вертикально-фронтальные плоскости пересекают линию, соединяющую середину АС и середину РС, располагаясь параллельно от фронтального до окципитального полюса. Расстояние между центрами АС и РС принимается равным 2,5 см.

В нашем случае точки отображаются на срезы мозга (сагиттальные, горизонтальные и фронтальные) толщиной в 1 см (36 срезов). На рис. 2 представлены вид и расположение вертикально-фронтальных срезов и пространственный вид среднесагиттального среза в пространстве координат Talairach [17].

Срезы масштабируются по размерам черепа пациента в соответствии с рекомендациями Noman et al. [13] и Sievert T. et al. [16]. Для этого предусмотрено обязательное измерение расстояний между реперными точками черепа (Inion-Nasion, между внешними ушными проходами и т.д.), а также между электродами (32 измерения). По полученным данным вычисляются координаты регистрирующих электродов в трехмерном пространстве, которые затем использу-

ются для аппроксимации поверхности черепа.

В используемой нами программе частота оцифровки составляет 250 Hz, поэтому через каждые 4 мс получается новая точка с координатами перемещающегося диполя. После получения всех точек на выбранном заранее временном отрезке ЭЭГ находятся точки с максимальной мощностью (доминирующие источники). Варьируя величину порога в процентах от максимума, из срезов убирают

точки с минимальной мощностью, которые, как правило (но не всегда!), имеют шумовую природу из-за невозможности абсолютно освободиться от артефактов различного характера при записи ЭЭГ. Процедура достаточно трудоемкая, однако результаты, полученные в ходе такого исследования, дают ценную информацию о локальном (с точностью до 2–3 мм) характере БА в трехмерном объеме головного мозга пациента и ее изменении по мере развития ИС.

Обработке по указанной программе была подвергнута 131 ЭЭГ, в каждой – 36 односантиметровым срезам мозга (12 сагиттальных, 12 горизонтальных, 12 фронтальных). Всего 4 716 срезов. Оценивалось количество дипольных источников в каждом срезе на порогах в 25, 50 и 75 % от максимальной мощности. Всего было проанализировано 14 148 срезов. Данная процедура позволяла снизить количество маломощных, но не всегда малоинформативных диполей. Полученная информация о трехмерном распределении эквивалентных диполей в дальнейшем обрабатывалась с использованием программного пакета «Statistica 6.0». Распределение здоровых испытуемых и пациентов с различными формами и степенью тяжести ИС приведено в табл. 1.



Результаты

Общая картина распределения суммарной БА по фронтальным, горизонтальным и сагиттальным срезам представлена на рис. 3–5. Видно, что по мере возрастания степени тяжести заболевания увеличивается неоднородность (своеобразная размытость) локусов БА на фронтальных срезах в направлении «лоб – затылок» (рис. 3) и на горизонтальных – сверху вниз (рис. 4), в отличие от распре-

Таблица 1

Распределение испытуемых по форме и степени тяжести идиопатического сколиоза (по В.Д. Чаплину)

Степень тяжести сколиоза	Здоровые дети	Форма сколиоза		
		правосторонний	левосторонний	S-образный
0	11	—	—	—
I	—	6	6	3
II	—	21	13	6
III	—	25	10	18
IV	—	7	2	3
Всего	11	59	31	30

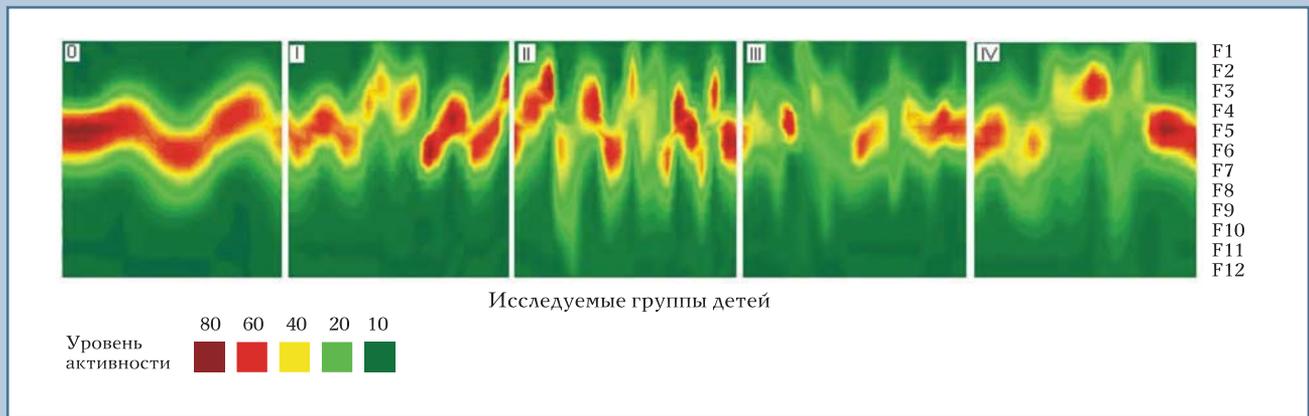


Рис. 3

Распределение биоэлектрической активности по фронтальным срезам головного мозга (F1, F2, ..., F12) у здоровых детей (0) и у пациентов с различными степенями идиопатического сколиоза (I, II, III, IV)

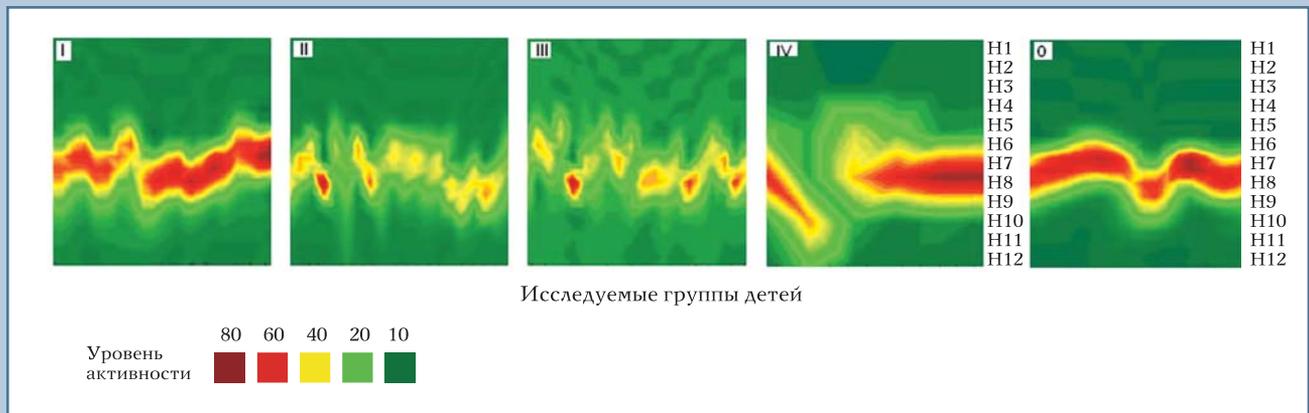
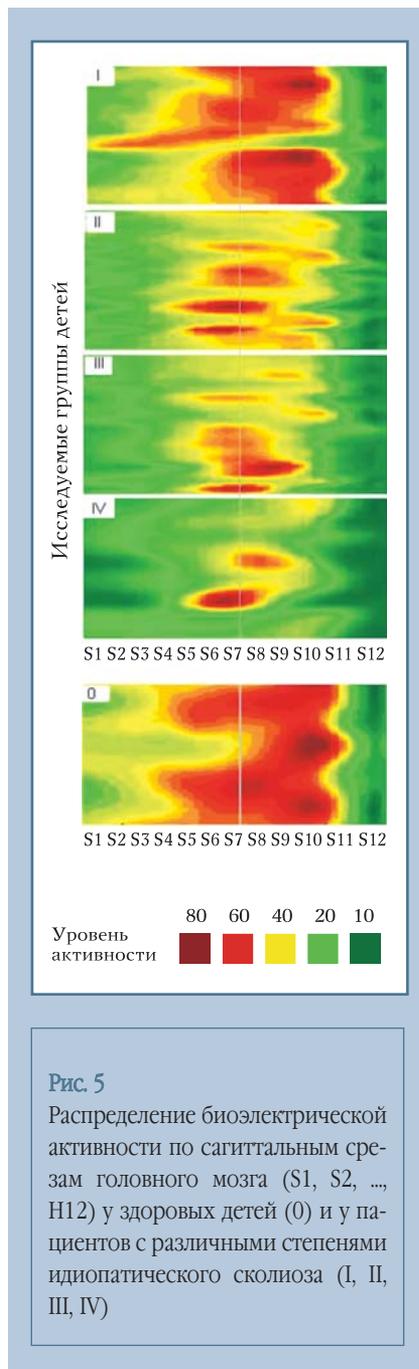


Рис. 4

Распределение биоэлектрической активности по горизонтальным срезам головного мозга (H1, H2, ..., H12) у здоровых детей (0) и у пациентов с различными степенями идиопатического сколиоза (I, II, III, IV)



деления БА по сагитальным срезам, где она концентрируется по мере утяжеления состояния около парасагитальных срезов (рис. 5).

С целью получения более подробной информации об особенностях локализации эквивалентных дипольных источников в трехмерном пространстве головного мозга (в дальнейшем – диполей) весь объем головного мозга в каждом случае был

Таблица 2

Классификационная матрица результатов дискриминантного анализа по степени тяжести идиопатического сколиоза

Степень тяжести сколиоза	0**	I	II	III	IV	Правильная классификация*
0**	11	0	0	0	0	100,0
I	0	14	0	1	0	93,3
II	0	0	40	0	0	100,0
III	0	0	0	53	0	100,0
IV	0	0	0	0	12	100,0
Всего	11	14	40	54	12	99,3

По горизонтали – распределение пациентов по фактической клинико-рентгенологической классификации; по вертикали – по классификации, предсказанной по результатам дискриминантного анализа;

* соответствие результатов ЭЭГ-диагностики результатам клинико-рентгенологической оценки состояния позвоночного столба, %;

** здоровые дети.

Таблица 3

Классификационная матрица результатов дискриминантного анализа по характеру течения патологического процесса

Характер течения сколиоза	prog	vprog	0	npog	Правильная классификация*
prog	84	0	0	0	100
vprog	0	35	0	0	100
0	0	0	11	0	100
npog	0	0	0	1	100
Всего	84	35	11	1	100

По горизонтали – распределение пациентов по фактической клинико-рентгенологической классификации; по вертикали – по классификации, предсказанной по результатам дискриминантного анализа; prog – бурно прогрессирующие случаи, vprog – вяло прогрессирующие, npog – не прогрессирующие, 0 – здоровые дети;

* соответствие результатов ЭЭГ-диагностики результатам клинико-рентгенологической оценки состояния позвоночного столба, %

условно разбит в соответствии с использованной нами системой координат (12 горизонтальных, 12 фронтальных и 12 сагитальных срезов толщиной 1 см) на 299 кубиков. Каждый кубик объемом 1см³ содержал определенное число диполей, попавших в него за определенный промежуток времени. Затем проводилась нормировка количества диполей, содержащихся в каждом кубике, на общее количество зарегистрированных диполей. В конечном итоге мы имели

информацию о проценте диполей, содержащихся в каждом из исследуемых кубиков. В дальнейшем преобразованная таким образом информация подвергалась анализу.

Первый этап анализа – обработка полученного ЭЭГ-материала по программам дискриминантного анализа, который является разделом многомерного статистического анализа. Он позволяет изучать различия между двумя и более группами объектов по нескольким переменным одновре-

Таблица 4

Классификационная матрица результатов дискриминантного анализа по степени тяжести срединных структур

Степень тяжести сколиоза	0**	I	II	III	IV	Правильная классификация*
0**	10	0	0	1	0	90,9
I	0	12	0	3	0	80,0
II	0	0	36	4	0	90,0
III	0	0	0	53	0	100,0
IV	0	0	0	1	11	91,7
Всего	10	12	36	62	11	93,1

По горизонтали — распределение пациентов по фактической клинко-рентгенологической классификации; по вертикали — по классификации, предсказанной по результатам дискриминантного анализа;

* соответствие результатов ЭЭГ-диагностики результатам клинко-рентгенологической оценки состояния позвоночного столба, %; ** здоровые дети.

Таблица 5

Классификационная матрица результатов дискриминантного анализа по характеру течения патологического процесса. Срединные структуры

Характер течения сколиоза	prog	vprog	0	npog	Правильная классификация*
prog	82	2	0	0	97,6
vprog	5	30	0	0	85,7
0	1	0	10	0	90,9
npog	0	0	0	1	100,0
Всего	88	32	10	1	93,9

По горизонтали — распределение пациентов по фактической клинко-рентгенологической классификации; по вертикали — распределение по классификации, предсказанной по результатам дискриминантного анализа;

prog — бурно прогрессирующие случаи, vprog — вяло прогрессирующие, npog — непрогрессирующие, 0 — здоровые дети;

* соответствие результатов ЭЭГ-диагностики результатам клинко-рентгенологической оценки состояния позвоночного столба, %.

менно. С его помощью на основании отдельных признаков (независимых переменных — в нашем случае это ЭЭГ-параметры) индивидуум может быть причислен к одной из двух (в нашем случае — к одной из нескольких) заданных заранее групп (по степени тяжести, характеру прогрессирования и т.д.).

В результате дискриминантного анализа полученных данных, в соответствии с клинко-рентгенологической степенью тяжести заболевания

по В.Д. Чаплину (213 кубиков из 299, поскольку были удалены кубики с нулевой дисперсией), средний процент совпадений или соответствия результатов ЭЭГ-диагностики результатам клинко-рентгенологической оценки состояния позвоночного столба (правильная классификация) по группе составил 99,2 %, что указывает на очень высокую степень отличий ЭЭГ пациентов с различной выраженностью ИС (табл. 2).

Еще более высокий процент совпадения между клинко-рентгенологической и предсказываемой классификациями был получен в ходе дискриминантного анализа по параметру «характер течения патологического процесса», что также указывает на крайне высокую степень специфичности ЭЭГ у детей с различным характером течения (развития) ИС (табл. 3).

Для уточнения роли отдельных структур при проведении дальнейших этапов дискриминантного анализа были отобраны кубики, располагающиеся в сагиттальной и парасагиттальных областях головного мозга и отражающие деятельность его срединных образований (94 кубика).

В результате оказалось, что частота совпадений, или правильная классификация, по таким признакам, как степень тяжести (табл. 4) и выраженность патологического процесса (табл. 5), практически не изменилась, что свидетельствует о важности именно этих образований, отличие в активности которых и вносит основной вклад в различия между ЭЭГ пациентов исследуемых групп.

Проведение дискриминантного анализа по степеням тяжести отдельно в группах пациентов с правосторонним и левосторонним ИС показало 92–95 % совпадений клинко-рентгенологической классификации с классификацией, полученной по параметрам БА мозга пациентов с ИС. Причем для данной классификации было достаточно всего 47 кубиков (либо срезы через центральные зоны, либо соседние с ними парасагиттальные), а процент правильной классификации при использовании парасагиттальных срезов был даже несколько выше (в среднем на 3–5 %). Этот факт мог свидетельствовать о некоторой асимметрии показателей БА, играющих определенную роль при проведении классификационного анализа, поэтому следующим этапом работы было проведение анализа, направленного на выявление возможной межполушарной асимметрии и на исследование ее особенностей у здоро-

вых детей и пациентов с ИС. С этой целью подсчитывалась суммарная БА по правому и левому полушариям отдельно для пациентов в зависимости от степени тяжести ИС и для группы здоровых испытуемых. В дальнейшем рассчитывались коэффициенты асимметрии (КА), представляющие собой отношение суммарной БА левого полушария к суммарной БА правого полушария (табл. 6).

Обращает на себя внимание рост КА, то есть снижение межполушарной асимметрии по сравнению с величиной, наблюдаемой у здоровых детей по мере утяжеления состояния. КА меньше единицы говорит о преобладании активности в правом полушарии. Этот факт может отражать повышенную активность диэнцефальных структур, характерную для детей в пубертатном периоде. Причем величины БА правого и левого полушарий отличаются при I, II и III степенях ИС на очень высоком (99,9 %) уровне достоверности. Вместе с тем отличия между группой здоровых испытуемых и группой пациентов с IV степенью ИС недостоверны, несмотря на то что усредненные КА меньше единицы. Данный факт в основном связан с достаточно большой вариативностью этих параметров у пациентов с IV степенью ИС и у здоровых детей.

Вторым обстоятельством могло быть относительно небольшое количество детей в этих группах, однако, по-видимому, это обстоятельство не являлось решающим, так как коли-

чество пациентов с I и IV степенями практически одинаково, но отличия группы пациентов с I степенью высоко достоверны ($p < 0,0016$), а группы с IV степенью – нет. Наблюдаемая динамика КА (его снижение за счет изменения соотношений баланса БА в левом и правом полушариях) может свидетельствовать о снижении активности диэнцефальных структур, больше связанных с правым полушарием, и возрастании состояния активности стволовых структур, преимущественно связанных с левым полушарием.

О более тесных связях правого полушария с диэнцефальными образованиями свидетельствуют данные Н.Н. Брагиной и Т.А. Доброхотовой [5]. Отдельно проведенный анализ КА между группами пациентов с правосторонним и левосторонним сколиозом выявил эту же тенденцию для обеих исследуемых групп.

Анализ БА в отдельных кубиках, относящихся к гипофизарной (Нур) и гипоталамической (Нрт) областям, а также области эпифиза (Pineal) не выявил отчетливых закономерностей в изменении активности этих зон в зависимости от степени тяжести ИС. С целью их выявления между всеми этими структурами были рассчитаны частные коэффициенты корреляции. Использование данной процедуры объясняется тем обстоятельством, что эти структуры представляют собой функционально единый комплекс, тесные взаимосвязи и взаимов-

лияния между отдельными элементами которого заглушивают неявно выраженные изменения активности этих структур по мере утяжеления состояния у больных с ИС.

При анализе корреляционной матрицы у детей без деформаций позвоночного столба (0 степень) значимых коэффициентов корреляции между Нрт, Нур и Pineal не обнаружено. При исследовании методом частных корреляций, позволяющем исключить влияние третьей переменной на две оставшиеся, также не выявляется достоверно значимых частных коэффициентов корреляции. Данный факт может быть истолкован как отсутствие жестких связей между этими структурами, что является характерной особенностью для любых функциональных систем нормально работающего здорового мозга человека в состоянии спокойного бодрствования [3, 9, 11]. Отметим, что подобное объяснение вовсе не отрицает анатомических и функциональных связей между рассматриваемыми структурами, а лишь свидетельствует об отсутствии патологически детерминированных жестких функциональных связей, характерных для различных болезненных состояний.

У детей с I степенью ИС достоверные корреляционные связи (имеются в виду классические корреляционные коэффициенты по Пирсону) между областями Нрт, Нур и Pineal, как и у здоровых детей, не выявлены. Однако при рассмотрении частных

Таблица 6

Межполушарная асимметрия биоэлектрической активности (БА) головного мозга

Степень тяжести сколиоза	Суммарная БА		Коэффициент асимметрии	Уровень достоверности
	левого полушария	правого полушария		
0*	0,00180	0,00239	0,75	$p < 0,7500$
I	0,00199	0,00261	0,76	$p < 0,0016^{**}$
II	0,00197	0,00240	0,82	$p < 0,0011^{**}$
III	0,00204	0,00240	0,85	$p < 0,0028^{**}$
IV	0,00195	0,00248	0,79	$p < 0,0600$

* здоровые дети;

** достоверные отличия и уровень достоверности суммарной БА левого полушария от суммарной БА правого полушария.

коэффициентов корреляции обнаруживается появление достоверных корреляций ($p < 0,05$) между Нрт и Нур при исключении влияния на них активности зоны Pineal. Исключение влияния других структур (Нрт и Нур) на значение частных корреляций не обнаружено.

Данный факт может быть объяснен тем, что активность зоны Pineal вносит определенный вклад во взаимодействие активности зон Нрт и Нур по механизму отрицательной обратной связи. Иными словами, повышение активности в области шишковидной железы приводит к уменьшению взаимосвязей между гипофизарной и гипоталамической областями.

У пациентов со II степенью ИС обнаруживаются достоверные ($p < 0,01$) корреляционные связи между уровнем активности областей Нур и Pineal. Других достоверных корреляций между уровнями активности других исследуемых зон не отмечается.

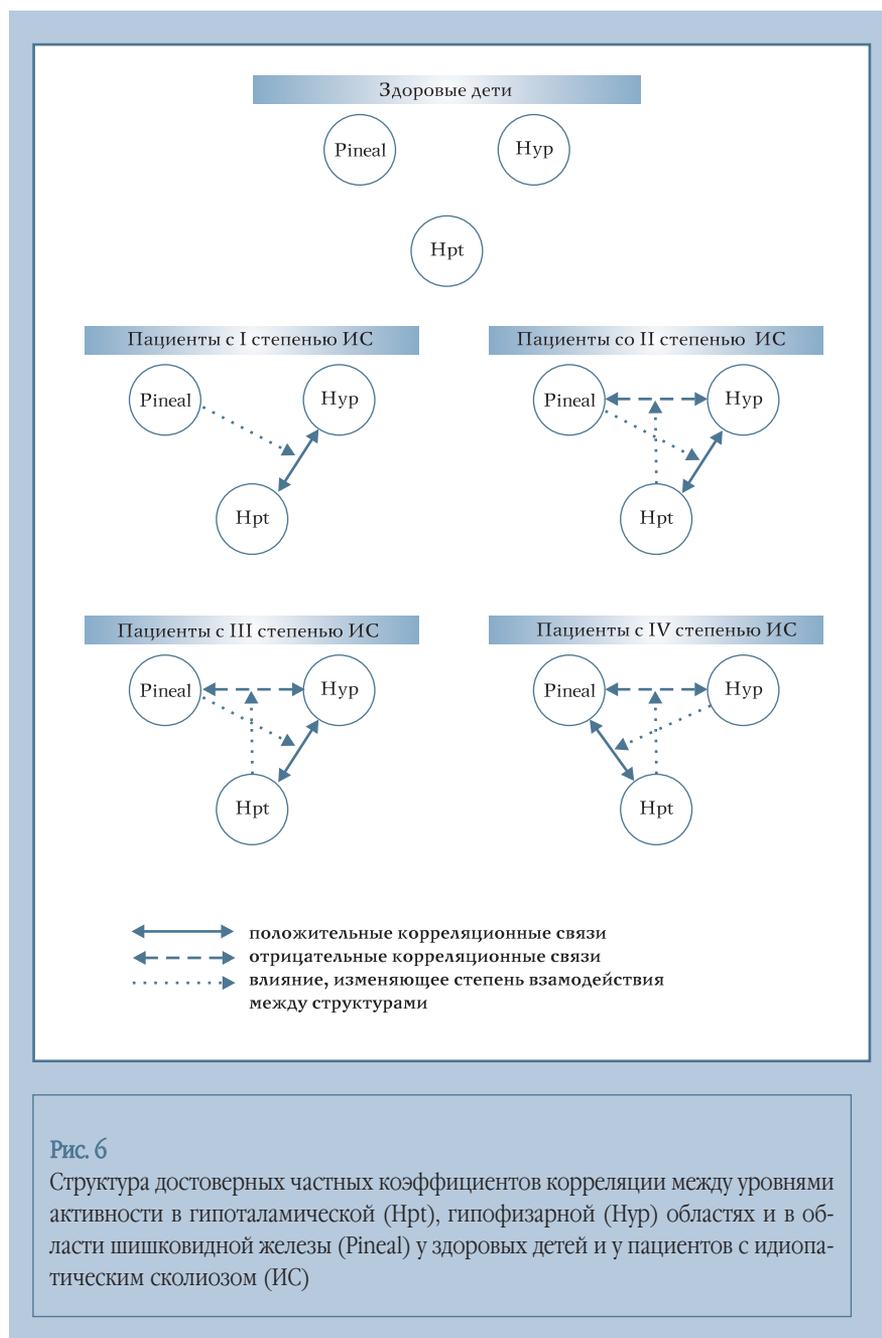
Исключение влияния области Нрт на связи между Нур и Pineal приводит к еще большему повышению величины частного коэффициента корреляции, причем данный коэффициент является отрицательным, что говорит о реципрокных отношениях активности областей Нур и Pineal. Это свидетельствует об угнетающем эффекте области Нрт на реципрокную связь между уровнем активности областей Нур и Pineal. При исключении активности области Pineal возрастает положительный коэффициент корреляции между Нрт и Нур, достигающий высоко достоверного уровня ($p < 0,01$), что может свидетельствовать о снижении тормозных влияний области Pineal на функциональные связи между зонами Нрт и Нур. Исключение влияния Нур достоверно не влияет на взаимосвязи Нрт и Pineal.

У пациентов с III степенью ИС высоко достоверные ($p < 0,01$) корреляционные связи выявляются между Нур и Pineal, причем характер корреляционных связей, как и у пациентов со II степенью ИС, является отрицательным, то есть свидетельствует о наличии реципрокных отношений

между активностями областей Нур и Pineal. Исключение влияния Нрт приводит к усилению выраженности этих связей (характер реципрокных отношений усиливается). Исключение влияния Pineal приводит к выявлению достоверной положительной корреляции ($p < 0,01$) между уровнем активности областей Нрт и Нур, которая в исходной корреляционной матрице отсутствует. Исключение влия-

ния Нур не изменяет характера связей между Pineal и Нрт.

У пациентов с IV степенью ИС обнаружена только одна достоверная ($p < 0,05$) корреляция (положительная) между уровнем активности областей Pineal и Нрт. Исключение влияния Нрт приводит к усилению реципрокной взаимосвязи (отрицательный коэффициент корреляции) между уровнями активности областей



Pineal и Нур до достоверного уровня ($p < 0,05$).

Иллюстрирует вышеизложенное рис. 6.

Заключение

Диагностика функционального состояния головного мозга у детей с ИС с помощью авторского метода 3DLocEEG позволила выявить достаточно своеобразную пространственную картину его частотно-временных характеристик. В первую очередь, они коррелируют с характером течения заболевания – прогрессирующим или непрогрессирующим. Установленная корреляция с тяжестью деформации, с нашей точки зрения, имеет меньшее значение, поскольку регистрируемая величина фронтальной дуги является всего лишь вторичным, клинически значимым, результатом прогрессирования или непро-

грессирования патологического процесса. Здесь же позволим себе заметить, что степенная характеристика тяжести ИС (по В.Д. Чаклину) совсем не отражает этапности или стадийности его развития: ИС либо прогрессирует, либо нет.

Выявленные очевидные признаки дисфункции в структурах, отвечающих за гомеостаз, еще не дают основания категорично отнести их только к патогенным. В равной степени они могут быть и санационными. Ответы на эти вопросы надеемся получить в дальнейших исследованиях.

Однако факт наличия признаков дисфункции в базальных структурах головного мозга, регистрируемых при самых начальных проявлениях ИС, прямо указывает на участие ЦНС в патогенезе данного заболевания. Прямым следствием выявленной нами дисфункции в базальных структурах головного мозга должны стать на-

рушения в регуляции подчиненных или исполнительских систем, элементов и тканей, входящих в состав сложнейшего анатомо-физиологического комплекса, которым является позвоночный столб. Исходя из самого бесспорного факта в теории и практике ИС – связи его возникновения и развития с процессом роста ребенка, позволено сказать следующее: вышеуказанные нарушения регуляции касаются процессов, определяющих продольный рост позвоночного столба и его элементов, и могут быть одним из факторов, приводящих к формированию ИС.

Полученные результаты дают новые аргументы для подтверждения сделанных нами в ряде предыдущих работ выводов и предположений: ИС является клинически значимым проявлением дизрегуляторных процессов в директивных системах организма.

Литература

1. Бекшаев С.С., Васильевский Н.Н., Суворов Н.Б. и др. Комбинаторный подход к анализу взаимной статистической зависимости ритмов электроэнцефалограммы // Адаптивные реакции мозга и их прогнозирование. Л., 1978. С.117–123.
2. Бекшаев С.С. Программа «Трехмерная локализация электрических источников головного мозга, порождающих пространственно-временной профиль электроэнцефалограммы («3DLocEEG»). Государственный регистрационный № 2002611116 от 02.07.2002.
3. Бехтерева Н.П., Камбарова Д.К., Поздеев В.К. Устойчивое патологическое состояние при болезнях мозга. Л., 1978.
4. Болдырева Г.Н. Электрическая активность мозга человека при поражении диэнцефальных и лимбических структур. М., 2000.
5. Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональная асимметрия человека. М., 1981.
6. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга). Таганрог, 2000.
7. Гутман А. Биофизика внеклеточных токов мозга. М., 1980.
8. Дудин М.Г., Пинчук Д.Ю., Бекшаев С.С. и др. К вопросу об этиопатогенезе идиопатического сколиоза // Хирургия позвоночника. 2006. № 4. С. 18–25.
9. Моисеева Н.И., Каган М.А. Адаптивные реакции мозга и их прогнозирование. Л., 1978.
10. Пирлик Г.П., Гнездицкий В.В., Коптелов Ю.М. и др. Изменение биоэлектрической активности мозга, регистрируемые на расстоянии от очага поражения церебральной ткани // Журн. невропат. и психиатр. им. С.С. Корсакова. 2001. №5. С. 24–31.
11. Смирнов В.М. Стереотаксическая неврология. Л., 1976.
12. Титомир Л.И. Электрический генератор сердца. М., 1980.
13. Homan R.W., Herman J., Purdy P. Cerebral location of international 10–20 system electrode placement // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1987. Vol. 66. P. 376–382.
14. Mai J.K., Assheuer J., Paxinos G. Atlas of the human brain. San Diego.
15. Nunez P.L. Electric fields of the brain: the neurophysics of EEG. N. Y., 1981.
16. Sievert T., Longrich U.J.J., Mai J.K. Topometric and topographic analysis of the human brain. Topometric evaluation of histologic brain section. Neurobiologisches Colloquium. Nancy, 1989.
17. Talairach J., Tournoux P. Co-planar stereotaxic atlas of the human brain. An approach to medical cerebral imaging. Stuttgart, 1988.

Адрес для переписки:

Дудин Михаил Георгиевич
198515, Санкт-Петербург, п. Стрельна,
Санкт-Петербургское шоссе, 101,
dudin@admiral.ru

Статья поступила в редакцию 02.12.2006