

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ НЕЙРОГЕННОЙ ДИСФУНКЦИИ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ У ДЕТЕЙ

Е.Я. Гаткин, А.В. Неупокоева, А.Н. Малов, Е.В. Шевченко

(Московский НИИ педиатрии и детской хирургии, ректор — ; Иркутский государственный технический университет, ректор — проф. И.М.Головных; Иркутский государственный медицинский университет, ректор — д.м.н., проф. И.В.Малов)

Резюме. Исследовалась динамика лечения с применением лазерной терапии у детей с нейрогенной дисфункцией мочевого пузыря. Показано, что вейвлет-представление эффективно для исследования медицинских временных зависимостей, т.к. способно устранить индивидуальные различия, дает возможность судить о частоте процесса, одновременно сохраняя информацию об амплитуде исследуемого сигнала, позволяет определить эффективность лечения вообще и с какого момента начинается положительная динамика.

Ключевые слова. Нейрогенная дисфункция мочевого пузыря, вейвлет-анализ, лазерная терапия.

Структура временной организации лечения играет большую роль в медицинской практике. При лазерной терапии, в радиологии и т.п. часто используются повторяющиеся в ходе лечения медицинские процедуры (сеансы), что требует координации времени воздействия с естественным биологическим ритмом больного для достижения максимальной эффективности лечения. В то же время, любой биологический организм является открытой физической системой и его взаимодействие с лазерным излучением представляет собой нелинейный и нестационарный процесс, поэтому проблема оптимизации лазерных технологий неразрешима в рамках классического Фурье-анализа. Метод вейвлет-анализа [1] позволяет понять роль особых частот сигнала и локальных особенностей, которые важны для успешного лечения.

В настоящей работе рассмотрен пример применения вейвлет-анализа для исследования динамики лазерного терапевтического лечения в случае нейрогенной дисфункции мочевого пузыря у детей.

Материалы и методы

В данной работе применялась следующая методика лечения больных [2]: использовали аппарат магнито-инфракрасный лазерный терапевтический «РИКТА-01» с полупроводниковым лазером с длиной волны излучения 890 нм и диапазоном светодиодного излучения от 650 до 960 нм. Регулируемая мощность импульсного инфракрасного излучения светодиодов — от 0 до 130 мВт. Средняя мощность импульсного лазерного излучения при частоте 1000 Гц — 5 мВт, при частоте 5 Гц — 5 мкВт; частота повторения импульсов — 5, 50, 1000 Гц. Индукция постоянного магнитного поля в рабочей плоскости излучающей апертуры терминала составляет 40–60 мТл. Также применялся аппарат «БИСАР» с длиной волны излучения лазера 850 нм и медицинская лазерная установка «МАКДЭЛ-00.00.02.2» на основе арсенид-галлиевого лазера с длиной волны излучения 850 нм и средней мощностью 10–40 мВт.

Облучение мочевого пузыря проводили с частотой следования импульсов равной 5 Гц, 50 Гц и переменной частотой. Действовали с каждой частотой по 30–120 секунд (в зависимости от возраста и толщины слоев передней брюшной стенки).

Процедуры проводили ежедневно или через день в

одно и то же время (утром). Всего проводилось от 7 до 15 сеансов лазерного воздействия. На область мочевого пузыря и наружное отверстие мочеиспускательного канала излучением установки «РИКТА» воздействовали с частотами 5 и 50 Гц. Лазерный аппарат «БИСАР» использовали для воздействия на область мочевого пузыря с частотой 100 Гц.

Обработка результатов проводилась в соответствии с нормами медицинской статистики.

Результаты и обсуждение

Основными количественными параметрами, доступными для измерения и позволяющими судить о состоянии пациента являются:

1. объем выделенной мочи (соответствующий объему мочевого пузыря);
2. промежутки времени между мочеиспусканиями (микциями).

Наблюдение за динамикой этих параметров требует разработки методов визуализации получаемой информации с учетом суточной цикличности процессов, происходящих в организме.

Построение обычного графика зависимости объема выделенной мочи от времени малоинформативно, поскольку не учитывает изменения в функционировании выделительной системы в течение суток (рис. 1,2). Более наглядным является построение графиков суточной динамики, позволяющих сравнивать объемы мочи, выделенные в соответствующие промежутки времени каждых суток. Такие трехмерные графики представлены на рис. 3,4. По оси X отложены часы в течение одного дня, по оси Y — номер дня с начала лечения, по оси Z — выделяемый объем мочи в мл.

Для анализа периодических процессов обычно используется метод Фурье, обеспечивающий переход от временного представления сигнала $f(t)$ к частотному $F(w)$, но при этом временная информация полностью теряется. Иными словами теряется возможность получения информации о моменте времени, когда возникает или исчезает определенная частота [1,3].

Вейвлет-анализ использует в качестве базиса локализованные во времени, быстро убывающие, солитоноподобные функции, что позволяет выявить изменения в частотных составляющих сигнала с течением времени. С помощью вейвлетов можно покрыть все про-

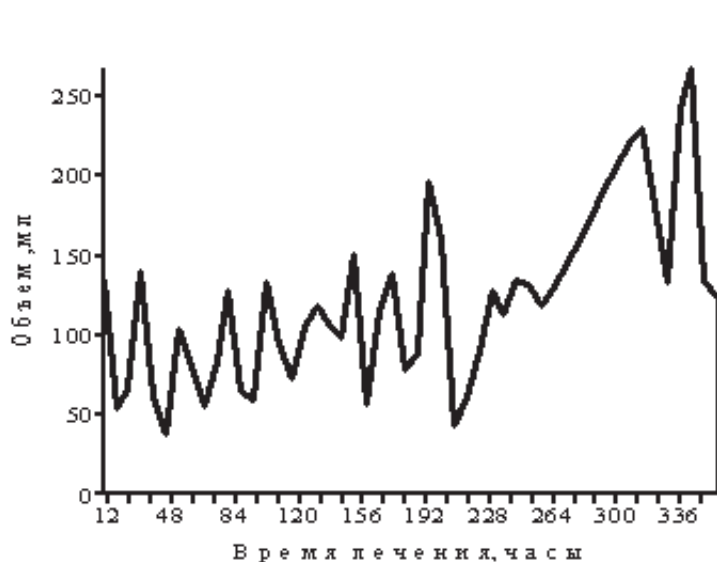


Рис. 1. Динамика выделения мочи у больного С.

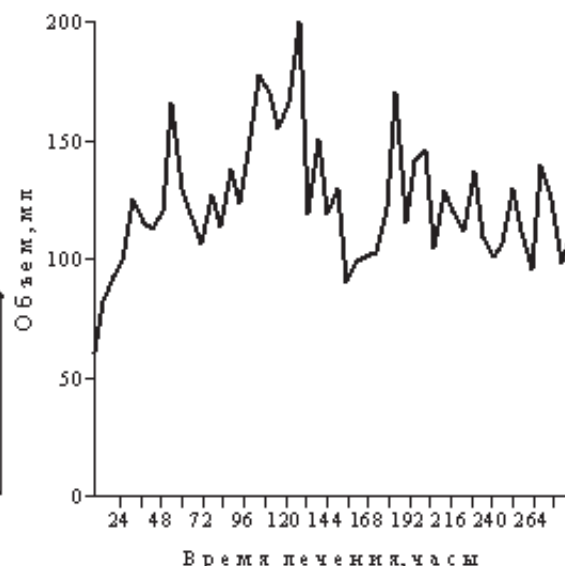


Рис. 2. Динамика выделения мочи у больного К.

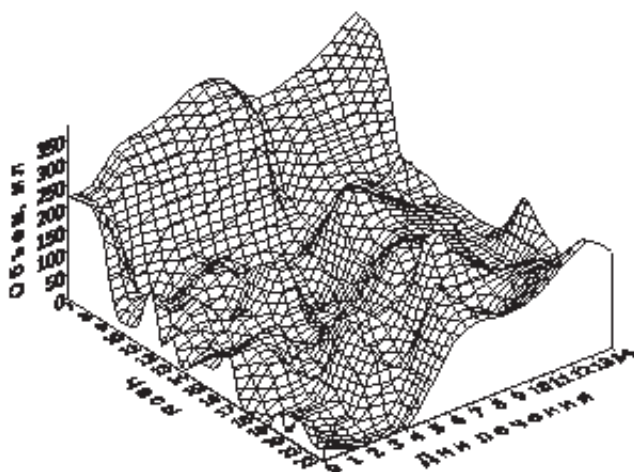


Рис. 3. Динамика выделения мочи у больного С.

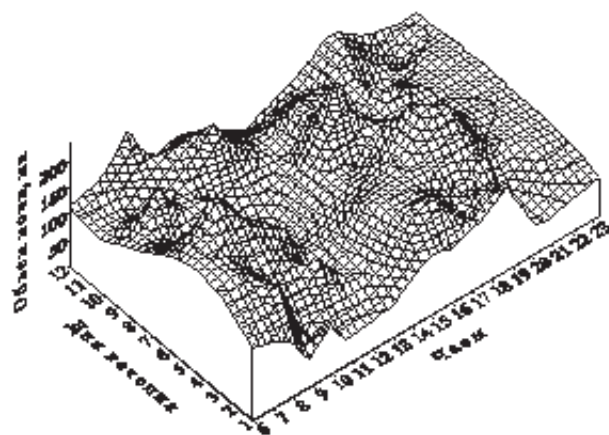


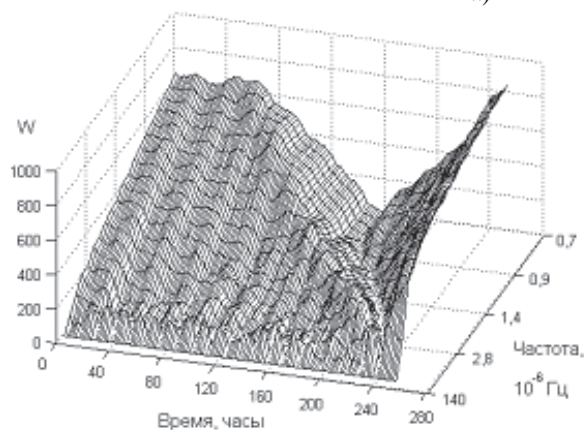
Рис. 4. Динамика выделения мочи у больного К.

странство, используя смещение по-разному сжатой одной единственной материнской функции. При этом каждая частотная компонента изучается с разрешением, отвечающему исследуемому масштабу. Благодаря этому каждый сигнал можно разложить в вейвлет-ряд.

В результате преобразования Фурье исходный сигнал раскладывается в ряд следующего вида:

$$f(t) = \sum_n F_n(\omega) \sin \omega_n t,$$

а)



где коэффициент разложения $F_n(\omega)$ имеет смысл «веса» данной частоты в исходном сигнале.

При вейвлет-преобразовании мы получаем ряд более сложного вида:

$$f(t) = \sum_{n,\tau} W_{n,\tau}(\omega) \psi(\omega, \tau, t),$$

где коэффициент разложения зависит не только от частоты, но и от времени, сохраняя при этом смысл

б)

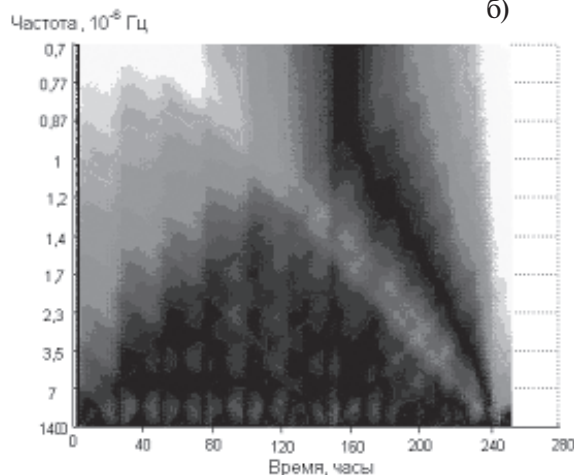


Рис. 5. Вейвлет-поверхность (а) и скелетон (б) для всего времени лечения больного С.

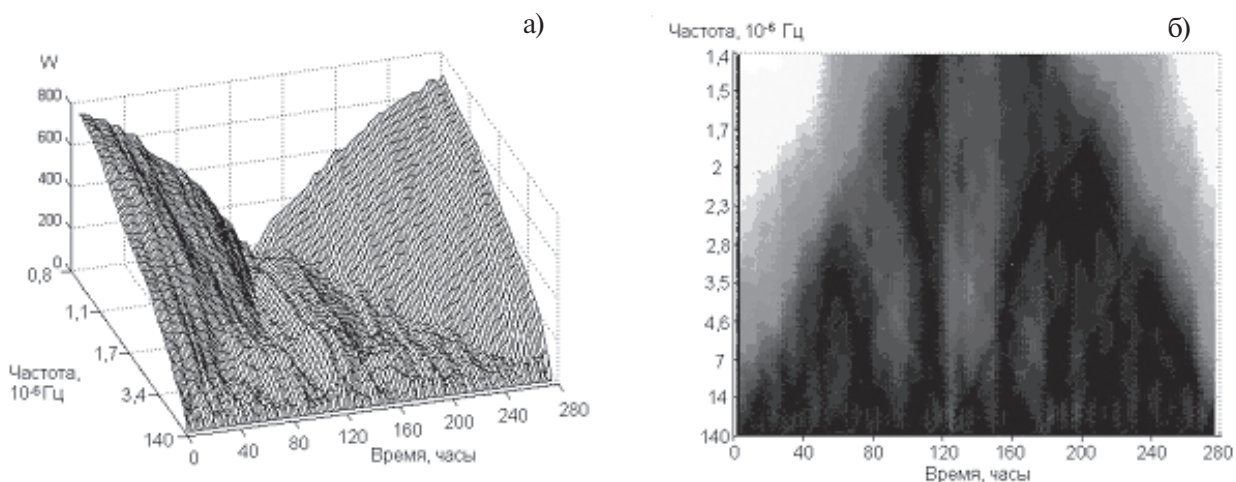


Рис. 6. Вейвлет-поверхность (а) и скелетон (б) для всего времени лечения больного К.

«веса». Таким образом, если при преобразовании Фурье мы переходим от двумерного временного представ-

лении поверхности, часто применяют частотно-временное представление, называемое скелетон. Величина

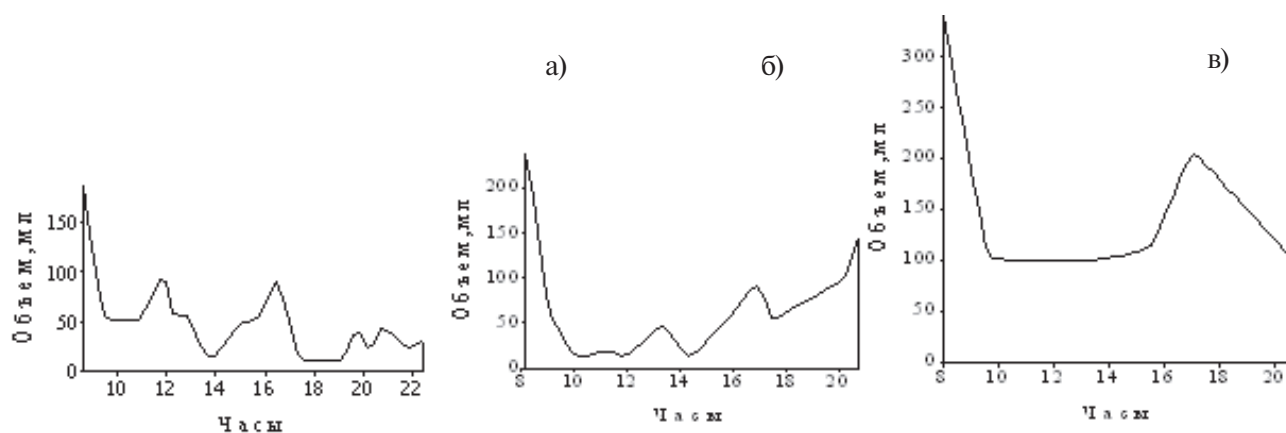


Рис. 7. Динамика выделения мочи у больного С. в 1-ый (а), 7-ой (б) и 14-ый (в) день лечения.

ления сигнала к двумерному частотному, то при вейвлет-анализе результатом преобразования двумерного сигнала является трехмерная поверхность коэффициентов, зависящих как от частоты, так и от времени. Кроме представления результата вейвлет-преобразования в

вейвлет-коэффициента в этом случае обозначена цветом. Минимальным значениям соответствует черный, максимальным — белый.

Результаты вейвлет-преобразования для рис.3 и 4 представлены на рис.5,6.

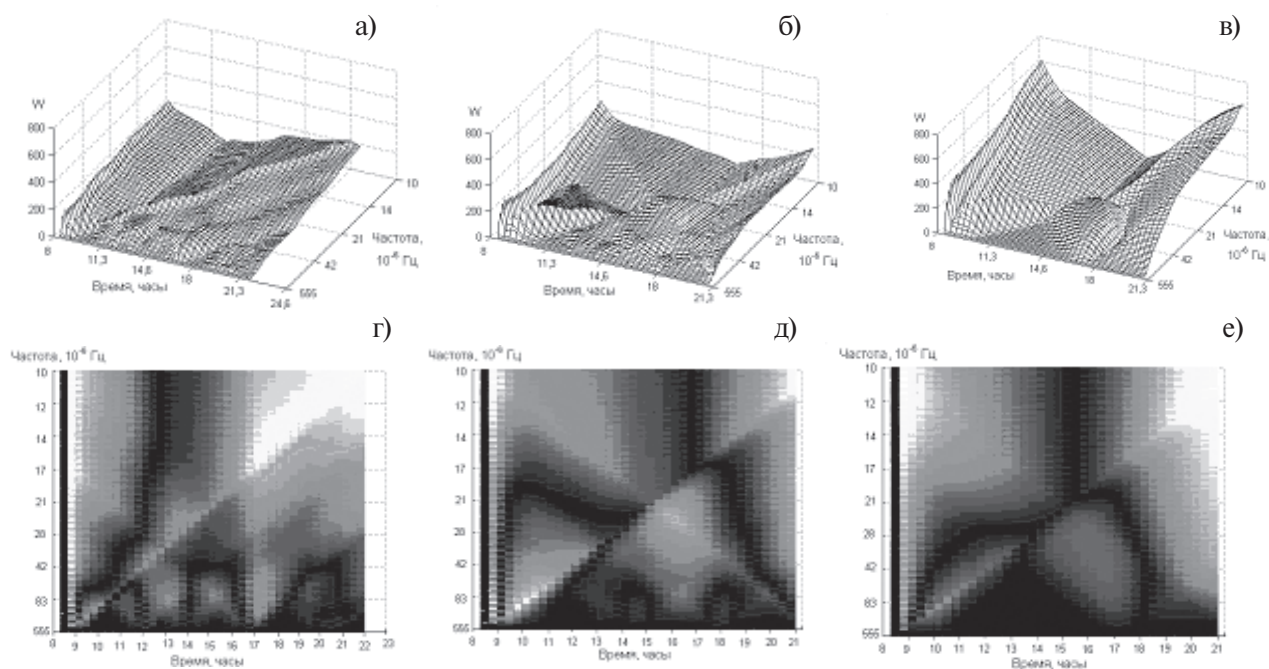


Рис. 8. Вейвлет-поверхности и скелетоны для 1-го (а, г), 7-го (б, д) и 14-го (в, е) дней лечения больного С.

Кроме этого, эффективным и наглядным способом представления результатов лечения является сравнение срезов по отдельным дням лечения и их вейвлет-поверхностей или скелетонов [1,3]. Суточные графики динамики выделения мочи в начале, середине и конце лечения для двух больных представлены на рис. 7, 9. Их вейвлет-преобразования показаны на рис. 8, 10.

рядка 90 часов. Следовательно, можно заключить, что положительная динамика начинает хорошо проявляться через 4-6 сеансов лазерной терапии.

Вейвлет-поверхности и скелетоны для срезов по отдельным дням (рис. 8, 10) позволяют более детально рассмотреть изменения в динамике выделения мочи. В частности по рис.8 (г,д,е), можно видеть значительное

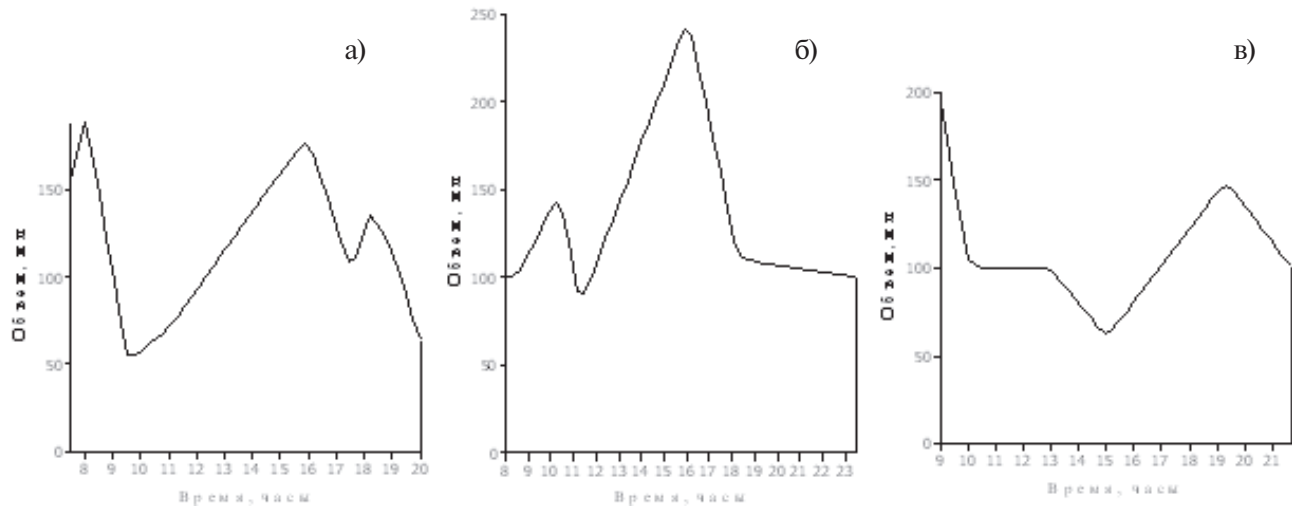


Рис. 9. Динамика выделения мочи у больного К. во 2-ой (а), 8-ой (б) и 12-ый день лечения.

Из рисунка 3,4 очевидно, что для интерпретации результатов лазерного лечения необходимы специальные знания лечащего врача, способного учесть индивидуальные различия каждого пациента. Эти индивидуальные различия сглаживаются при вейвлет-представлении результатов (рис. 5,6) Кроме того, вейвлет-представление дает возможность судить о частоте микций, одновременно сохраняя информацию об объеме (т.е. об амплитуде исследуемого сигнала). Скелетоны для всего времени лечения (рис.5,6) позволяют определить момент, когда начинают проявляться более низкие частоты, т.е. с какого времени начинается видимая положительная реакция на лечение. Для больного С. (рис.5) это время порядка 150 часов, для больного К. (рис.6) — по-

смещение максимумов в область низких частот. Кроме того, вейвлет-коэффициенты на частотах свыше $150 \cdot 10^{-6}$ Гц, равны нулю на всем протяжении 14-го дня. Это значит, что организм работает только на более низких частотах и, следовательно, результат лечения положительный. Сравнивая скелетоны на рисунка 10 (г,д,е), видим, что в начале и середине лечения хорошо видны максимумы на высоких частотах порядка $2 \cdot 10^{-6}$ и $5,5 \cdot 10^{-6}$ Гц, а к концу лечения высокочастотная компонента исчезает, а низкочастотная смещается на частоты $0,2 \cdot 10^{-6}$ - $0,4 \cdot 10^{-6}$ Гц. Это также свидетельствует о положительной динамике при данном лечении.

На основании выше изложенного можно заключить, что вейвлет-представление эффективно для исследова-

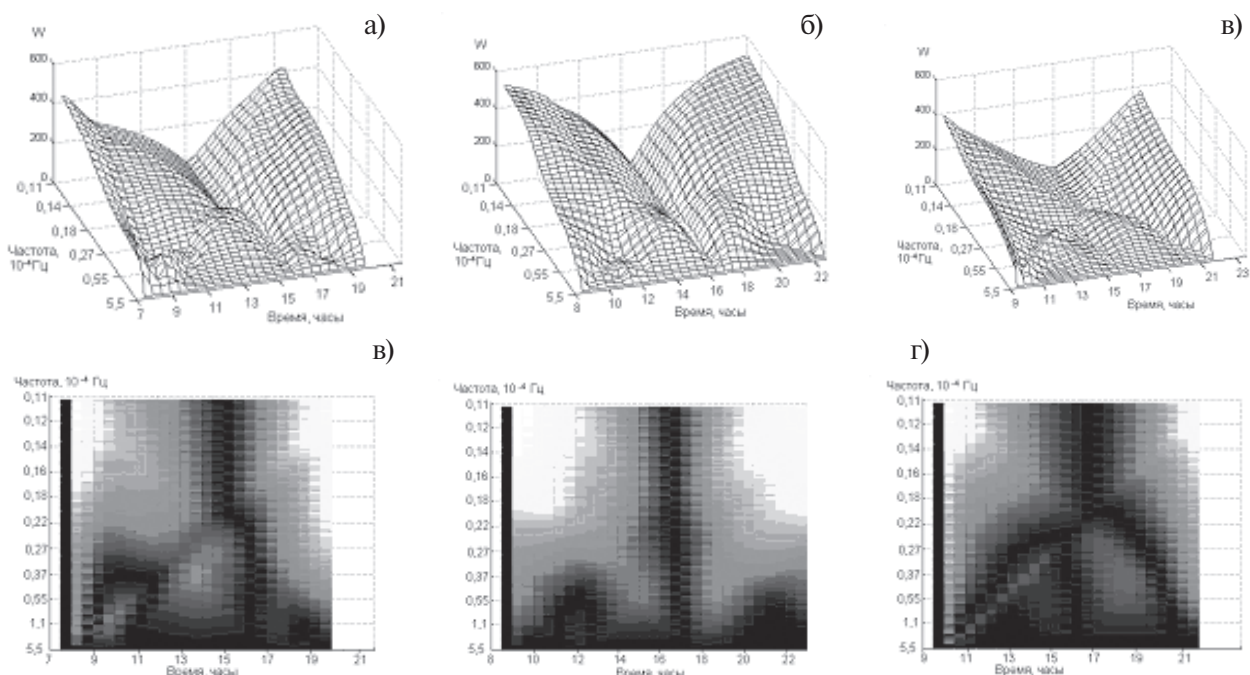


Рис. 10. Вейвлет-поверхности и скелетоны для 1-го (а, в) и 8-го (б, г) дней лечения больного К.

ния медицинских временных зависимостей и способно устранить индивидуальные различия. Вейвлет-представление дает возможность судить о частоте процесса, одновременно сохраняя информацию об амплитуде

исследуемого сигнала. На основе вейвлет-анализа можно судить об эффективности лечения и определить, с какого момента начинается положительная динамика.

WAVELET-ANALYSIS APPLICATION FOR ESTIMATION OF TREATMENT RESULTS UNDER LASER THERAPY OF UROCYST NEUROGENOUS DYSFUNCTION IN CHILDREN

E.Y. Gatkin, A.V. Neupokoeva, A.N. Malov, E.V. Shevchenko

(Moscow Research Institute of Pediatrics and Baby Surgery, Irkutsk State Technical University, Irkutsk State Medical University)

Dynamics of urocyt neurogenous dysfunction treatment with using laser therapy was investigated at the article. It is shown that wavelet-transformation is effective for medical temporary dependencies research because it capable to remove individual distinctions to obtain information about frequency of the process and saving information on amplitude of the researched signal simultaneously. Wavelet-analysis method also allows to define efficiency of the treatment in general and from the moment of positive dynamics beginning.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. — 1996. — Т. 166. — С. 1145-1170.
2. Воздвиженский С.И., Гаткин Е.Я., Казачков С.А., Шуваев А.В., Веселов А.Э., Кулакова С.Г. Применение лазерного излучения в комплексном лечении детей с экстропией мочевого пузыря // В кн.: VI Всеросс. науч.-практ. конференция по квантовой терапии. Сб. статей. — М., 2000. — С.164.
3. Илларионов В.Е. Основы лазерной терапии. — М.: ПЕС-ПЕКТ, 1992. — С. 122.

© МАРТЫНОВИЧ Н.Н., МАЛЫШЕВ В.В., ВАСИЛЬЕВ Ю.В. —

ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МОЧЕВОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ С ГИПОРЕФЛЕКТОРНЫМ ТИПОМ ДИСФУНКЦИИ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ

Н.Н. Мартынович, В.В. Малышев, Ю.В. Васильев

(Иркутский государственный медицинский университет, ректор — д.м.н., проф. И.В.Малов; Иркутский филиал ГУ «МНТК» Микрохирургия глаза им. академика С.Н.Федорова МЗ РФ, директор — д.м.н., проф. А.Г.Щуко; ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, директор — д.м.н., проф. Е.Г.Григорьев)

Резюме. Проведены уродинамические исследования у 350 больных с гипорефлекторным типом дисфункции мочевого пузыря. На основании проведенного многофакторного регрессионного анализа показано изменение показателя среднего эффективного объема мочевого пузыря в зависимости от показателей, характеризующих морфо-функциональное состояние как нижних, так и верхних отделов мочевой системы. Определена биологическая сущность формирования гипорефлекторного типа дисфункции мочевого пузыря как патологического процесса. **Ключевые слова.** Дети, мочевая система, гипорефлекторный тип дисфункции мочевого пузыря, многофакторный регрессионный анализ

В отечественной нефроурологии до 80-90-х годов прошлого века нейрогенные дисфункции мочевого пузыря рассматривались с позиций самостоятельных нозологических форм. С введением понятия «уродинамика», обоснованности единства процессов мочеобразования и мочеыведения на всех уровнях мочевой системы стала очевидна роль неразрывности данного процесса [1,3]. В настоящее время нейрогенным дисфункциям мочевого пузыря принадлежит одно из ведущих мест в развитии микробно-воспалительных заболеваний мочевой системы [1,4]. Рассматривая мочевой тракт как единую гидродинамическую систему, становятся понятны механизмы изменений и со стороны верхних мочевых путей на фоне имеющихся дисфункций мочевого пузыря [5]. Но, рассматривая физическую сущность данного процесса, до сих пор не определена биологическая взаимосвязь между показателями, характеризующими нижние и верхние отделы мочевой системы при патологи-

ческих типах дисфункции мочевого пузыря, не определен показатель, характеризующий данную взаимосвязь, не дана морфо-функциональная характеристика мочевых путей при гипорефлекторном типе дисфункции мочевого пузыря.

Материалы и методы

Для оценки морфо-функционального состояния мочевой системы у 350 больных с гипорефлекторным типом дисфункции мочевого пузыря проведены следующие исследования: неинструментальная цистометрия с определением среднего эффективного объема мочевого пузыря и среднего числа мочеиспусканий за сутки, свидетельствующая о состоянии порога рефлекторной возбудимости мочевого пузыря; ультразвуковая цистометрия с определением объема мочевого пузыря при первом позыве, максимального объема мочевого пузыря, наличием остаточной мочи, определяющая и характеризующая резервуарную функцию