

ляется, в частности, в повышении синхронизации работы коры доминирующего полушария.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-4488.2004.7

ЛИТЕРАТУРА

1. Пальчик А.Б., Шабалов Н.П. Гипоксически-ишемическая энцефалопатия новорожденных. – СПб: Питер, 2001. – 134 с.
2. Благосклонова Н.К., Новикова Л.А. Детская

клиническая электроэнцефалография. – М. Медицина. – 1994. – 203 с.

3. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). – М.: МЕДпресс-информ, – 2002. – 357 с.

4. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография – Таганрог: Издательство ТРТУ. – 2000. – 207 с.

5. Baving L., Laucht M., Schmidt M.H. / J. Child. Psychol. Psychiatry. – 2002. – Vol. 43, № 2. – P. 265–274.

Klitochenko G.V., Klaucek S.V. Peculiarities of byoelectric activity of brain cortex in 1–3 etars children by cross-correlation analysis // Vestnik of Volgograd State Medical University. – 2005. – № 3(15). – P. 42–44.

Information from the cross-correlative analyze of intercentral interactions of the different parts of the cortex of children at the age 1-3 shows the specifics of genesis of the cortex and can serve like prognosis data in genesis such conditions as minimal brain dysfunction in children. The main problems are connected with the process of function and contact of the different parts of the cortex or contact of the different parts of the cortex with regulative structures on different stages. The result of the dysfunction of the reticular formation is the change of the level of activity and electric stability of the cortex part of CNS. It leads to the increasing of the synchronization of the activity of the cortex dominating hemisphere.

УДК 616.63–053.2

ОЦЕНКА УРОДИНАМИКИ ЛОХАНОЧНО-МОЧЕТОЧНИКОВОГО СЕГМЕНТА У ДЕТЕЙ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ДИУРЕТИЧЕСКОЙ УЛЬТРАСОНОГРАФИИ

С.Г. Бондаренко, С.В. Солоденков, А.С. Коробова, А.В. Бердникова

Кафедра детской хирургии ВолГМУ,

*Детское урологическое отделение МУЗ "Клиническая больница 7",
Волгоградский государственный технический университет*

Оценка состояния лоханочно-мочеточникового сегмента имеет большое значение в выработке лечебной тактики при нарушении уродинамики в этой зоне мочевого тракта. С этой целью широко используется метод диуретической ультрасонографии (ДУС), по праву считающийся самым неинвазивным методом диагностики. Как правило для оценки состояния уродинамики при обструктивных процессах в зоне лоханочно-мочеточникового сегмента (ЛМС) используются параметры, характеризующие степень дилатации и временной фактор нормализации площади лоханки после форсированного диуреза [1, 2]. Вместе с тем, оценка полученных показателей при патологии основывается на сравнении с эмпирическими данными, полученными при исследовании почек в норме без учета закономерностей гидродинамики и вариабельности физиологических свойств лоханки и ЛМС. Это связано с практической невозможностью неинвазивного определения физических параметров гидродинамики в верхних мочевых путях.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить параметры уродинамики ЛМС в норме и при гидронефрозе и их интерпретация на основе математического моделирования

уродинамики.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучались показатели диуретической ультрасонографии у 44 детей, которые подвергались данному исследованию с подозрением на обструктивную уropатию (17 детей) и у больных с гидронефрозом (27 детей). В группе детей с гидронефрозом одной почки анализировали показатели контралатеральных почек, при этом у всех пациентов отсутствовала инфекция мочевого тракта и викарная гиперфункция контралатеральных почек по данным экскреторной урографии. Распределение обследованных детей по возрасту и половой принадлежности приведены в табл. 1.

Таблица 1

Распределение детей по возрасту и полу

Половой состав		Возраст			
М	Ж	До 1 года	от 1 года до 2 лет	от 2 до 5 лет	старше 7 лет
18	26	10	10	9	15

При проведении диуретической ультрасонографии изучались следующие параметры:

(15)

исходная площадь лоханки при продольном сканировании S (мм^2);

площадь лоханки через 5 мин после введения фуросемида S_{max} (мм^2);

площадь лоханки при продольном сканировании спустя 20–40 минут после введения фуросемида S_t (мм^2);

процентное приращение площади сечения лоханки по достижении максимального пост-фуросемидового диуреза ΔS ;

скорость пост-фуросемидового дренирования лоханки V , которую вычисляли как $(S_{\text{max}} - S_t)/t$ ($\text{мм}^2/\text{мин}$);

исходный ЛМС D (мм);

диаметр ЛМС по достижении максимального пост-фуросемидового диуреза D_a (мм);

приращение диаметра ЛМС по достижении максимального пост-фуросемидового диуреза ΔD (мм).

Использовались следующие методы статистического анализа: ранговый корреляционный и регрессионный анализы; в связи с тем, что показатели не имели нормального распределения использовался непараметрический дисперсионный анализ Краскела-Уоллиса; кластерный анализ методом К – средних. Выборочные параметры, приводимые далее в таблицах, имеют следующие обозначения: M – среднее, s – стандартное (среднеквадратичное) отклонение, n – объем анализируемой подгруппы, p – достигнутый уровень значимости. Критическое значение уровня значимости принималось равным 5 %. Статистический анализ данных производился с использованием пакета SPSS 11.5.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе полученных результатов исследования в норме обнаружены довольно значительные отклонения от средних величин как исходной площади лоханки S , так и скорости пост-фуросемидового дренирования лоханки V и приращение площади лоханки ΔS (табл. 2).

При этом наблюдалась положительная корреляционная связь между исходной площадью лоханки S и скоростью ее дренирования V (коэффициент корреляции Спирмена $r_s=0,77$; $p < 0,0001$) и отрицательная связь между S и приращением площади лоханки ΔS (коэффициент корреляции Спирмена $r_s=-0,62$; $p=0,0003$). Эти данные свидетельствуют о необходимости выделения подгрупп, в зависимости от величины исходной площади лоханки S . Для этого образовано три кластера с максимальным удалением центров кластеров исходной площади лоханки S (табл. 3).

При изучении параметра скорости пост-фуросемидового дренирования лоханки V в кластерах выявлены существенные различия в зависимости от принадлежности к кластеру, но наряду с этим наблюдалась меньшая степень отклонения от средних внутригрупповых величин (табл. 3).

Таблица 2

Показатели диуретической ультрасонографии в общей группе обследуемых детей

Параметры	n	min	max	M	s
S	44	7,85	507,11	149,67	136,47
V	44	0,25	11,74	3,46	3,08
ΔS	44	35,29	880,00	188,39	185,46
D	44	0	4,0	0,67	1,1
D_d	44	1,5	4,0	2,34	0,64
ΔD	44	0	4,0	1,62	1,11

Таблица 3

Скорость дренирования лоханки V и площадь приращения ΔS в кластерах

Параметры	Кластеры		
	I кластер $n = 19$	II кластер $n = 15$	III кластер $n = 10$
S	96,7±36,6	237,9±66,0	579,2±124,6
V	1,4±0,75 $\chi^2=18,9$ $p < 0,0001$	3,7±1,7 $\chi^2=8,7$ $p=0,003$	9,2±3,9
ΔS	191,6±84,5 $\chi^2=8,48$ $p=0,004$	60,8±18,1 $\chi^2=0,42$ $p=0,52$	58,4±9,1

При анализе приращения площади лоханки ΔS в зависимости от принадлежности к кластеру обнаружено, что этот показатель имел практически одинаковые значения во II и III кластерах и был значительно меньше, чем в I кластере (табл. 3).

Не установлено прямой связи между степенью пост-фуросемидового приращения площади лоханки ΔS и скоростью дренирования V (коэффициент регрессии $F=0,006$; $p=0,94$), вместе с тем, учитывая, что оба эти показателя зависят от исходной площади лоханки S , методом множественной корреляции выявлена положительная связь между этими показателями ($r=0,7$; $p=0,005$ при $S=\text{const}$).

При исследовании ЛМС в 11 случаях (25 %) удалось идентифицировать сегмент до введения фуросемида, его диаметр составлял в среднем $2,04 \pm 0,76$ мм. В период максимального пост-фуросемидового диуреза у всех детей сегмент хорошо визуализировался (рис.) и его диаметр достигал $2,6 \pm 0,7$ мм.

Диаметр лоханочно-мочеточникового сегмента в период стимуляции диуреза D_d довольно значительно различался в двух возрастных группах детей. Так, у детей в возрасте до 1 года диаметр ЛМС был значительно меньшим по сравнению с детьми как в возрасте от 1 года до 5 лет, так и с детьми старшей возрастной группы. Вместе с тем, диаметр сегмента практически не отличался у детей от 1 года до 5 лет в сравнении с детьми старше 5 лет (табл. 4).

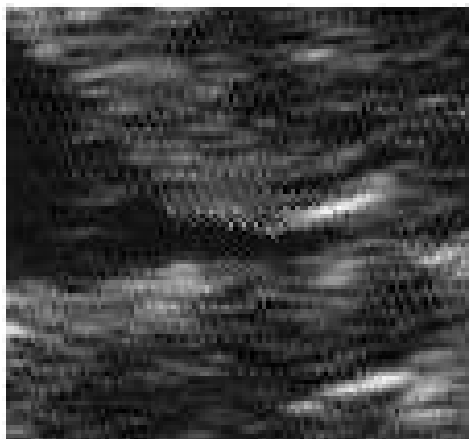


Рис. Визуализация ЛМС при постфуросемидовом диурезе

Таблица 4

Сравнительный анализ D_d в зависимости от возраста

Параметры	До 1 года	От года до 5 лет	Старше 5 лет
D_d	1,9±0,09	2,3±0,4	2,6±0,8
χ^2	6,85 ($p=0,009$)	1,76 ($p=0,19$)	

Проведенный регрессионный анализ показал отсутствие связи как между скоростью дренирования лоханки V и максимальным диаметром ЛМС – D_d (коэффициент регрессии = 0,07; $F=0,08$; $p=0,93$), так и между D_d и площадью приращения лоханки ΔS (коэффициент регрессии = 0,16; $F=0,49$; $p=0,49$). Вместе с тем обнаружена положительная связь между пост-фуросемидовой площадью приращения лоханки ΔS и приращением диаметра ЛМС ΔD (коэффициент корреляции Спирмена $r_s = 0,75$; $p = 0,0001$), а также отрицательная связь между приращением диаметра ΔD и исходной площадью лоханки S ($r_s = -0,70$; $p=0,0001$). Отмечено значительное различие ΔD в I и во II-III кластерах (2,6±0,6 и 1,7±0,09 соответственно, $\chi^2 = 7,7$; $p = 0,005$).

Переходя к интерпретации полученных результатов исследования необходимо уточнить некоторые аспекты физиологии лоханочно-мочеточникового сегмента и транспорта мочи через эту зону. При нормальном диурезе в период наполнения лоханки лоханочно-мочеточниковый сегмент и прилоханочный отдел мочеточника находятся в коллаптоидном состоянии, при этом отсутствует электрическая активность в зоне ЛМС [6]. При увеличении внутрилоханочного давления и увеличения тангенциального натяжения стенки лоханки происходит активация пейсмекера, что вызывает сокращение лоханки и раскрытие лоханочно-мочеточникового сегмента. После проталкивания болюса мочи в проксимальную часть мочеточника снижается давление в лоханке, исчезает пейсмекерная активность

и коллапсируется ЛМС [5]. Таким образом, имеются два основных фактора гидродинамики, определяющих эффективность транспорта мочи – внутрилоханочное давление и диаметр ЛМС. Теоретически взаимодействие этих факторов можно определить, используя математическую модель истечения жидкости через отверстия под уровень (случай затопленного отверстия) [3, 4] в применении к системе лоханка-мочеточник:

$$D = \sqrt{4Q / \mu \pi \sqrt{2(p_n - p_m) / \rho}}, \quad (1)$$

где D – диаметр ЛМС;

Q – объемная скорость потока мочи, через лоханочно-мочеточниковый сегмент;

μ – коэффициент расхода;

p_n – давление в лоханке;

p_m – давление в мочеточнике;

ρ – плотность мочи.

Базовое давление в лоханке описывается законом Лапласа:

$$p = \text{натяжение стенки} \times \text{толщина стенки} / \text{радиус} \quad (2)$$

Таким образом, из уравнения (2) следует, что увеличение радиуса, а следовательно, площади и объема лоханки ведет к гиперболическому снижению давления. Кроме прочих факторов (эластичность стенки), тонус лоханки или степень тангенциального натяжения ее стенки определяет базовое давление – чем выше базовое давление, тем больше степень натяжения стенки, а следовательно, меньше способность к растяжению и увеличению объема. Таким образом, площадь пост-фуросемидового приращения ΔS , по-видимому, является показателем, отражающим состояние тонуса лоханки (степень тангенциального натяжения) косвенно – уровень базового давления.

Как видно из уравнения (1), эффективность дренирования лоханки при увеличении потока мочи определяется либо увеличением диаметра ЛМС D при постоянном давлении p_n , либо ростом внутрилоханочного давления p_n , при этом имеется отрицательная связь между давлением и диаметром ЛМС.

Данная закономерность согласуется с полученными результатами – скорость дренирования лоханки V при форсировании диуреза имеет наибольшие значения при минимальных значениях площади приращения ΔS , т. е. при высоком тонусе (базовом давлении) лоханки и положительно коррелирует со степенью раскрытия лоханочно-мочеточникового сегмента ΔD . Как показывает проведенный анализ параметров диуретической ультрасонографии, первый тип мочевого выведения в условиях повышенного диуреза более характерен для почек с большей площадью лоханки, при которых более высокая скорость дренирования осуществляется не только за счет адекватного диаметра ЛМС, но и в результате более высокого тонуса лоханки. Таким образом, учитывая вышеизложенные особенности уродинамики, имеется явная необходимость

(15)

выделения нормативных групп в зависимости от исходной площади лоханки.

При изучении показателей ДУС у 27 детей с гидронефрозом (14 случаев стеноза ЛМС и 13 – пересекающего сосуда) обнаружены значительные отклонения при сравнении их с показателями ДУС в третьем кластере (почки с большой площадью лоханок). Так, в 85 % (23 пациента) ЛМС не визуализировался, а в 15 % (4 пациента) его диаметр после стимуляции диуреза (Dd) и приращения ΔD составлял $1,4 \pm 0,3$ мм и $0,7 \pm 0,2$ мм соответственно, что было значительно меньше нормативного показателя ($\chi^2 = 31,7$; $p < 0,0001$ и $\chi^2 = 28,1$; $p < 0,0001$ соответственно). У 18 детей (66,7 %) площадь лоханки после стимуляции диуреза прогрессивно нарастала и показатель скорости дренирования V имел отрицательные значения и в среднем составлял $-2,2 \pm 0,6$ мм²/мин. У 9 детей обнаружено выраженное замедление скорости дренирования лоханки ($V = 0,98$ мм²/мин, $\chi^2 = 38,9$, $p < 0,0001$). При анализе площади приращения ΔS в 15 случаях (55,6 %) показатель был значительно меньше нормативного ($26,8 \pm 14,6$ %, $\chi^2 = 17,0$; $p < 0,0001$), т. е. имелся гипертонус лоханки, у 7 (25,9 %) детей выявлен гипотонус лоханки – показатель ΔS значительно превышал нормативный ($162,5 \pm 51,4$ %, $\chi^2 = 9,8$; $p = 0,002$) и в 5 случаях (18,5 %) ΔS практически не отличался от нормы и составлял $71,8 \pm 14,6$ %.

Как показало проведенное нами исследование, изучаемые показатели диуретической ультрасонографии в норме находятся в сложной взаимосвязи. Обнаруженное соответствие закономерностей в изменениях показателей с математической моделью истечения жидкости указывает на то, что изучаемые показатели ДУС характеризуют уродинамику на уровне лоханка-мочеточник.

Стандартная ДУС предполагает измерение двух основных параметров: время нормализации площади лоханки и степень ее дилатации [1, 2]. При этом замедление или отсутствие нормализации площади лоханки и значительная степень ее дилатации после стимуляции диуреза, являясь качественными параметрами, интерпретируются как нарушение пассажа мочи. Предложен-

ные нами показатели ДУС дают количественную оценку уродинамики и состояния ЛМС, а обнаруженная зависимость изучаемых параметров от исходной площади лоханки и возраста указывает на необходимость выделения нормативных групп для более корректного сравнительного анализа показателей ДУС при патологических состояниях. Более того, анализ математической модели и данные, полученные у больных с гидронефрозом, указывают на неправомерность оценки площади пост-фуроземидового приращения лоханки как показателя обструкции. Как следует из полученных нами результатов, данный показатель отражает лишь тонус лоханки, т. е. ее способность к дилатации при повышенном диурезе. Проведенное исследование у детей с гидронефрозом установило, что

- обструкция ЛМС и нарушение пассажа мочи имеют различную степень выраженности;
- функциональное состояние лоханки неоднородно: может наблюдаться как гипертонус, так и гипо- или нормотонус. Данные выводы подтверждаются результатами прямых методов изучения функционального состояния лоханки и ЛМС при гидронефрозе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, диуретическая ультрасонография является неинвазивным функциональным методом, позволяющим исследовать уродинамику в зоне лоханочно-мочеточникового сегмента и более точно определять ее качественную и количественную характеристику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аляев Ю.Г., Амосов А.В. // Урология. – 2000. – № 4. – С. 26–32.
2. Амосов А.В., Крупинов Г.Е. // Sonoace international. – 2000. – № 7. – С. 26–30.
3. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. – М: Машиностроение, 1987. – 40 с.
4. Чугаев Р.Р. Гидравлика. – Л: Энергоиздат, 1987. – 464 с.
5. Morita T., Ishizuka G., Tsuchida S. // Invest Urol. – 1981. – Vol. 19. – P. 157–161.
6. Constantinou C.E., Djurhuus J.C. // Am J Physiol. – 1981. – Vol. 241. – P. 398–402.

Bondarenko S.G., Solodnikov S.V., Korobova A.S., Berdnikova A.V. Diuretic ultrasonography in estimation of urodynamic of pyelo-ureteral segment in children. Interpretation of results with mathematic modeling // Vestnik of Volgograd State Medical University. – 2005. – № 3(15). – P. 44–47.

Parameters of diuretic ultrasonography (DUS) were analyzed in 44 normal and 27 hydronephrotic renal units. Pelvis area, diameter of pyelo-ureteral segment (D) before and after (Dd) increase of diuresis, velocity of pelvis area normalization (V) after increase of diuresis, incrementations of pelvis area as a tone of pelvis (ΔS) and diameter of pyelo-ureteral segment (ΔD) after increase of diuresis was measured. There was a lot of variation in V and ΔS in normal renal units but these parameters correlated with values of pelvis area ($r_s = 0,77$; $p < 0,0001$ and $r_s = -0,62$; $p = 0,0003$). The Dd was significantly less in the group of normal infants. To find out whether parameters of DUS reflect urodynamics at pelvis-ureter level we compared intercoupling in parameters of DUS with regularity hydrodynamic parameters of mathematic model of fluid outflow. Reliable correlation between theoretical model and empirical data was observed. To minimize parameters variation we formed subgroups depending upon pelvis area value. In this reason K-means cluster method was used. In comparison with normal renal units hydronephrotic kidneys have significantly smaller (9) or negative values (18) of V . There was no visualization of pyeloureteral segment after increase of diuresis in 23 cases and it was significantly smaller in 4 cases with minimal values of ΔD . Tone of pelvis (ΔS) was significantly higher in 15, below normal in 7 and normal in 5 cases.

Our study suggests that diuretic ultrasonography is an appropriate method for evaluation of urodynamics of pyelo-ureteral segment.