

ЗИГАНШИН М. А., БАШЛЕР Ж. Ф., МАНСУРОВА Д. М.

Edap-TMS France СНГ, Москва

Edap-TMS France, Япония

Humanitas University, Италия

Возможности стереотаксической электрокондуктивной «дастинг» ДУВЛ с роботическим контролем фокального давления в лечении МКБ у детей

Зиганшин Марат Альфредович
директор Edap-Tms France СНГ
E-mail: edap-tms@mail.ru

Резюме. Согласно клиническим рекомендациям, ДУВЛ является терапией первой линии у детей с конкрементами верхних отделов мочевой системы. Электрогидравлическая технология признается «золотым стандартом» ДУВЛ в настоящее время. Электрокондуктивная ДУВЛ является ее модернизированной электрогидравлической версией (отличие – в инкапсулированном электроде с кондуктивным раствором). Уникальные характеристики: миниатюрность и плавная вариабельность фокального объема, плавно-вариабельная глубина пенетрации УВ, рекордная разница пиковых давлений, стереотаксическая «дастинг»-дезинтеграция в режиме «3 в 1» (симультанное дробление / free-line УЗ/ R_ö) – позволяют, по нашему мнению, рассматривать электрокондуктивную технологию как «золотой стандарт» ДУВЛ в терапии первой линии МКБ в детской практике.

Ключевые слова: электрокондуктивная ДУВЛ, электрогидравлическая ДУВЛ, уролитиаз у детей, МКБ у детей.

ZIGANSHIN M. A., BACHELARD J. F., MANSUROVA D. M.

Edap-TMS France CIS, Moscow

Edap-TMS France, Japan

Humanitas University, Italy

Possibilities of stereotaxic electroconductive «dusting» ESWL with robotic focal pressure control in treatment of urolithiasis in children

Marat A. Ziganshin
director of Edap-Tms France CIS
E-mail: edap-tms@mail.ru

Summary. According to clinical guidelines ESWL is the first line therapy for children with calculi of the upper urinary tract. Electro-hydraulic technology is now recognized as the gold standard of ESWL. Electro-conductive ESWL is the modernized electro-hydraulic version (the difference is in an encapsulated electrode with conductive solution inside). Unique characteristics – miniature size and smooth variability of the focal volume, gradually variable depth of shock wave penetration, highest difference in peak pressures, stereotactic «dusting» desintegration of calculi in «3 in 1 mode» (simultaneous lithotripsy / free-line US / R_ö) – allow in our opinion to consider electro-conductive technology as ESWL «gold standart» in first line therapy of urolithiasis in pediatric practice.

Key words: electro-conductive ESWL, electro-hydraulic ESWL, urolithiasis in children.

Мочекаменная болезнь (МКБ) – полиэтиологическое заболевание, характеризующееся наличием камня или нескольких камней в почках и/или мочевых путях, встречается у 1–3 % населения [1]. Заболеваемость в РФ в 2016 г. составила 598,5 чел. на 100 000 населения [2].

Распространенность и заболеваемость в Италии составили в 2012 г. 4,14 % и 2,23 на 1000 человек соответственно и имеют тенденцию к росту [3].

МКБ занимает ведущее место среди урологических заболеваний в детском возрасте и отягощается прогрессирующим течением с быстрым развитием осложнений, чаще встречается у детей 3–12 лет [4].

В последние десятилетия методы лечения мочекаменной болезни претерпели существенные изменения и стали менее травматичными. Этому способствовало активное развитие перкутанных и эндоскопических пособий, а так-

же техническое совершенствование неинвазивной медицинской техники.

Дистанционная ударно-волновая литотрипсия (ДУВЛ) является неоперативным методом лечения МКБ и более предпочтительна у детей в связи с ее высокой эффективностью, неинвазивностью, безопасностью и низким уровнем осложнений по сравнению с другими методами. ДУВЛ – безопасный подход в лечении МКБ и метод выбора в детской практике [5–9].

Согласно клиническим рекомендациям ESPU (2020), ДУВЛ позиционируется как терапия первой линии при конкрементах лоханки до 20 мм, нижней чашечки <10 мм, верхних отделов уретры и терапия второй линии при коралловидных камнях, конкрементах лоханки >20 мм, нижней чашечки >10 мм и нижних отделов уретры.



Ежегодное увеличение количества детей с впервые выявленным уролитиазом требует более раннего применения малоинвазивных технологий и выбора наиболее безопасного и эффективного типа ДУВЛ для лечения данного многофакторного заболевания [10].

Важность выбора типа ДУВЛ приобретает особое значение в детской практике в связи с ростом актуальности проблемы дистанционной литотрипсии в отечественной педиатрии [11; 12].

Несмотря на большой накопленный опыт применения ДУВЛ, ряд вопросов до сих пор остается открытым, в частности, какой из типов генерации ударной волны из четырех существующих наиболее эффективен, безболезнен и безопасен в детской практике.

Классификация Nomikos M. подразделяет ДУВЛ на 4 поколения и 4 типа источника ударной волны (УВ):

1-е поколение (1980): электрогидравлические литотриптеры (Германия, Франция).

2-е поколение (1985-86): пьезоэлектрические и электромагнитные литотриптеры (Франция, Германия, Швейцария).

3-е поколение (1989): литотриптеры с двойным наведением.

4-е поколение (1994): электрокондуктивные литотриптеры (Франция) [13].

Данная официальная классификация, равно как и классификация Numanski P. [14], нуждается в пояснении. Первая в мире электрогидравлическая литотрипсия (эндоскопическая дезинтеграция камня мочевого пузыря) была проведена в СССР в 1959 г. на литотриптере «Урат». Основой для его создания послужило открытие в 1950 г. электрогидравлического эффекта (ЭГЭ) советскими учеными Юткиным Л. А. и Гольцовой Л. И. [15].

По мнению профессора Дутова В. В., «эффект Юткина» и литотриптер «Урат», продававшийся в западные страны, в том числе ФРГ, послужили в начале 80-х годов прародителями первых в мире электрогидравлических дистанционных литотриптеров немецкого и французского производства [16]. По мнению ряда экспертов, тесное научно-техническое сотрудничество между Францией и СССР в 60-е годы могло сыграть определяющую роль в развитии в этих странах именно электрогидравлического направления, являющегося по настоящее время «золотым стандартом» ДУВЛ.

Электрокондуктивный источник УВ является модернизированной электрогидравлической версией и используется в литотриптерах последнего, 4-го поколения. Ударная волна генерируется плазмой между катодом и анодом в кондуктивном растворе многообразного инкапсулированного электрода, погружаемого в сферу с дегазированной водой [17; 18].

Данное техническое решение позволяет достигать следующих уникальных характеристик:

- образования стабильной однородной плазмы в фокусе F1 с минимальной дисперсией энергии. Ударная волна канализируется строго на конкременте, что повышает эффективность дробления и позволяет производить в среднем в 2 раза меньше ударов за сеанс при равных условиях по сравнению с аппаратами предыдущих поколений [19].

- высокой электроакустической эффективности импульса (малое время нарастания давления и большая длительность), позволяя дробить конкременты с параметрами давления на 40 % меньше по сравнению с аппаратами предыдущих поколений при равных условиях, обеспечивая мягкий эффект, важный в детской практике.

- относительно малого фокального объема (рис. 1), позволяющего дробить конкремент, не повреждая окру-

жающие ткани: электрокондуктивные генераторы имеют, даже при высоких энергетических режимах, наименьшую травматизацию паренхимы по сравнению с другими генераторами [20].

Рисунок 1. Электрокондуктивный литотриптер (плавновариабельный тах объем, миниатюрные размеры)

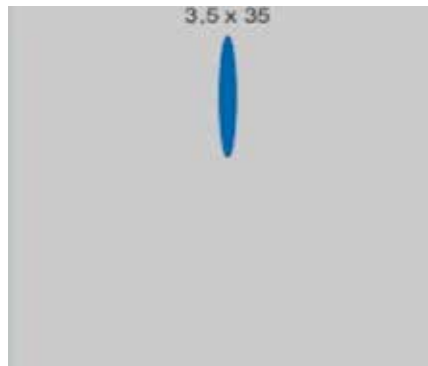


Рисунок 2. Электромагнитный литотриптер 1 (неплавновариабельный сменный объем, большой размер)

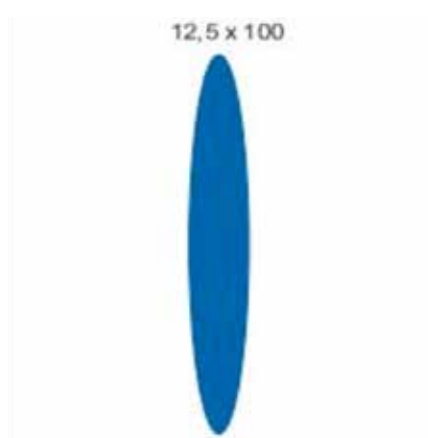


Рисунок 3. Электромагнитный литотриптер 2 (неплавновариабельный сменный объем, большой размер)



- плавной вариабельности фокального объема, что позволяет оператору адаптировать его параметры точно под размеры конкремента, сводя до минимума возникновение постоперационных гематом и кровотечений, что труднодостижимо на аппаратах предыдущих поколений с фиксированным или сменным неплавновариабельным фокальным объемом.

– вариабельной глубины пенетрации УВ за счет изменения наполняемости сферы с водой, что позволяет постепенно изменять расстояние между фокусом F1 и конкрементом, успешно лечить нестандартных пациентов (очень тучных или очень худых) и детей.

– режима «мягкой» (детской) и «агрессивной» литотрипсии (Pmax 144 МПа), рекордной разницы пиковых max и min давлений (132 МПа), что позволяет дезинтегрировать конкременты плотностью до «1660 Нu» в рутинной практике [16]. Данный параметр – один из ключевых в литотрипсии. Генератор создает сфокусированные пучки микросекундных акустических импульсов с пиковым давлением в фокусе, превышающим 100 МПа [21]. Ударная волна является резким скачком давления, приводящим к появлению сил сжатия, а действие ударной волны основано на эффекте кавитации, развивающейся на границе раздела сред. Кавитация в точках входа и выхода ударной волны приводит к эрозии, а действие сил сжатия, растяжения и сдвига – к трещинам, что ведет к разрушению конкремента. Чем выше разница пиковых давлений, тем больше выражены кавитация и разница сил сжатия и растяжения, и, как следствие, более быстрая и тонкая фрагментация.

– высокого max давления ударной волны в фокусе F2 (144 МПа), что позволяет дезинтегрировать камень «в мелкий песок» («дастинг»).

Наибольшую распространенность среди плотных камней имеют оксалаты и фосфаты Са, брусштиты и апатиты – 70–80 % [22; 23]. Данные особо плотные камни требуют высокоэнергетических режимов терапии, и только аппараты с высокими показателями давления в фокусе способны эффективно их дезинтегрировать. Наоборот, использование аппаратов с низкими показателями давления в фокусе приводит к дополнительным вмешательствам после литотрипсии (дополнительная дистанционная или контактная литотрипсия, стентирование и т. д.), что значительно увеличивает экономические затраты [13].

– большого диапазона уровней давления (100 шагов) с плавной его регулировкой и 25 уровней частоты, что позволяет адаптировать болевой порог пациента к постепенно увеличивающейся интенсивности воздействия УВ, дает широкий выбор параметров низкоэнергетических предсеансов, во взрослой практике в ряде случаев позволяет избежать анестезии, в детской практике позволяет проводить щадящую безопасную процедуру.

– on-line обратной связи, реализованной гидрофоном, – для контроля давления в фокусе. Любая биологическая или эффективная техническая система имеет реципрокную систему торможения и активации. Гидрофон электрокондуктивного аппарата, встроенный в лечебную сферу, измеряет в ней давление в реальных показателях МПа и сравнивает его с подаваемым при выборе энергетического режима напряжением в кВ. Специальная система автоматически увеличивает подаваемое напряжение согласно графику зависимости напряжения от давления, если срок службы источника ударных волн приближается к своему лимиту и давление падает [19].

Данный подход принципиально отличается от контроля давления только по условному и приблизительному техническому параметру в кВ, применяемого на литотриптерах предыдущих поколений. Наличие гидрофона позволяет эффективно управлять ходом сеанса, снижает возможность врачебной ошибки, позволяет доставлять оптимально запланированное давление УВ волны на конкремент.

Отсутствие контроля по МПа, особенно когда ресурс источника начинает истекать, ведет к несоответствию заданного оператором энергетического режима и реального давления в фокусе, что приводит к повторным сеансам ДУВЛ или иным дополнительным пособиям.

– двойной симультанной параллельной визуализации – одновременно по УЗ-дисплею и по рентген-дисплею.

– автоматического тачскрин-наведения (при прикосновении оператора к изображению камня на УЗ или рентген-дисплее).

– визуализации камня УЗ-зондом в режиме free-line «свободная рука» или в режиме «online-стереовидеотрекинг». Оператор манипулирует незакрепленным УЗ-зондом во всех плоскостях и углах без ограничений для поиска наилучшего акустического окна. Режим стереовидеотрекинга позволяет в 3D-формате представить камень и фокальный объем в реальном режиме времени. Для рентген-неконтрастных камней уратной природы, встречающихся в 20 % случаев, данный трекинг приобретает важное значение. Более того, данная революционная система наведения позволяет обходиться в детской практике без С-дуги и в случае рентген-позитивных камней.

– параллельного симультанного одновременного проведения дробления, УЗ-визуализации и рентгеновской визуализации (режим «3 в 1»). Нет необходимости в приостановке дробления или в исключаящем выборе между УЗ- или рентгеновской визуализацией.

– оптимальной геометрии рефлектора сферы – широкой апертуры (290 мм), оптимального угла F2 и max фокусного расстояния (210 см) – для безболезненного лечения нестандартных (тучных) взрослых пациентов и детей.

В мире насчитывается не менее 165 миллионов взрослых и детей с ожирением [24], среди которых, по сравнению с людьми с нормальным весом, риск развития МКБ повышен на 11,2 % [25].

Совокупность преимуществ электрокондуктивной технологии ведет к быстрой, безболезненной, ультра-мелкодисперсной «дастинг», («comme la poudre») стереотаксической фрагментации камней с SFR 94 %, независимо от размера конкремента (3 мес.) и минимальному уровню ретритмента 14 % [26]. В России многолетний и единственный опыт электрокондуктивной ДУВЛ МКБ у детей накоплен в БСМП г. Уфы, Республика Башкортостан (Елина М. В., Чернявский А. Ф., к. м. н. Миргалеев Э. И.)

Литотриптер оснащен современным эндоурологическим столом (max вес пациента 200 кг) и низкодозной С-дугой, безопасной для доктора и пациента (взрослого и ребенка).

Вышеперечисленные технические решения позволяют:

а) эффективно нацеливаться – автоматически (тачскрин) на камни любых размеров, консистенций, локализации, состава (Ro-контрастные/неконтрастные) параллельно симультанно по рентгену с малой дозой облучения и УЗ (в режиме free-line без ограничений плоскостей и углов), плавно адаптируя вариабельный фокальный объем под размер камня и плавно адаптируя глубину пенетрации ударной волны к STS-расстоянию (skin-to-stone);

б) эффективно дезинтегрировать конкременты «в песок» («дастинг») – безболезненно, плавно меняя давление и частоту, под УЗ-видеотрекингом и Ro-контролем (онлайн), являясь как модернизированная версия электрогидравлической технологии «золотым стандартом» ДУВЛ у пациентов всех возрастных групп, а у детей – приоритетным методом для конкрементов верхних отделов мочевой системы.

с) эффективно расходовать средства здравоохранения, являясь максимально полезно-затратным методом ДУВЛ – использование электрокондуктивного литотриптера позволяет сократить длительность лечения в среднем на 5 дней, время реабилитации, экономические затраты и в 2 раза снизить вероятность интраоперационной травмы и послеоперационных осложнений, по сравнению с электромагнитными литотриптерами [23].



Литература

1. Урология / Под ред. Ю. Г. Аляева. М.: МИА, 2005. 305 с.
2. Статистическая информация. Заболеваемость населения России в 2013–2016 гг. М., 2017.
3. Domenico Prezioso L. et al, *Archived Italiano di Urologia e Andrologia*, June. 2014. Vol. 86 (2). Pp. 99–102.
4. Пугачев А. Г. Детская урология: руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 832 с.
5. Rodrigues Netto N., Longo J. A., Ikonomidis J. A., Rodrigues Netto M. Extracorporeal shock wave lithotripsy in children. *J Urol*. 2002. Vol. 167. Pp. 2164–2166.
6. D'Addessi A., Bongiovanni L., Sasso F., Gulino G., Falabella R., Bassi P. Reviews in Endourology: Extracorporeal shockwave lithotripsy in pediatrics. *J Endourol*. 2008. Vol. 22. Pp. 1–11.
7. Chaussi C., Bergsdorf T., Thurof S. Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy Therapeutic energy applications in urology New York: Thieme Stuttgart. 2010. 10 p.
8. Shukla A. R., Hoover D. L., Homsy Y. L., Perlman S., Schurman S., Reisman E. M. Urolithiasis in the low birth weight infant: The role and efficacy of extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol*. 2001. Vol. 165. Pp. 2320–2323.
9. Muslumanoglu A. Y., Tefekli A., Sarilar O., Binbay M., Altunrende F., Ozkuvanci U. Extracorporeal shock wave lithotripsy as first line treatment alternative for urinary tract stones in children: A large scale retrospective analysis. *J Urol*. 2003. Vol. 170. Pp. 2405–2408.
10. Карпочева И. В. ДУВЛ в лечении МКБ у детей // Мат. Конгресса Национальной палаты здоровья. М. 2017. 34 с.
11. Трапезникова М. Ф., Дутов В. В. Возможности применения ДЛТ в лечении МКБ у детей // Мат. Пленума урологов. Тюмень. 2005. 530 с.
12. Зоркин С. Н., Аколян А. В. Дистанционная литотрипсия у детей // *Лечащий Врач*. 2013. № 1. 29 с.
13. Nomicos M. et al. Outcomes using a forth-generation lithotripter. *BJI International*. 2007. 23 p.
14. Humanski P., Dykszynski P. FEBU, Urology Dep. 2011.
15. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект и его использование в промышленности. Л.: Машгиз, 1955.
16. Дутов В. В. Материалы Пленума РОУ. Екатеринбург, 2018.
17. Smith's Textbook of Endourology. Wiley: Blackwell. 2012. 559 p.
18. Rasswelier J. J., Taily G. G., Chaussy C. Progress in Lithotripter Technology. EAU Updates Series. 2005. Vol. 3. Pp. 17–36.
19. Chaussy C., Haupt G., Jocham D., Köhrmann K. U., editors. Therapeutic energy applications in urology II. Standards and recent developments. New York: Thieme Stuttgart. 2010. 196 p.
20. Москаленко С. А. Материалы Северо-Западного конгресса специалистов по литотрипсии. СПб., 2019.
21. Сапожников О. Мощные ультразвуковые пучки: диагностика источников, самовоздействие ударных волн и воздействие на среду при литотрипсии: автореф. дисс. ... д-ра физ.-мат. наук, физический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, М., 2008. 47 с.
22. Decoster M. et al. in: *Urolithiasis: Comprehensive History*, M. Moran, Springer Science. NY. 2014. 46 p.
23. Папаян А., Савенкова Н. Клиническая нефрология детского возраста. СПб.: Левша, 2008. 599 с.
24. Branca et al. The challenge of obesity in the WHO European Region and strategies for response. Summary. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe. 2007. 324 p.
25. Charles D. et al. Prevalence of Kidney Stones in the United States. *Eur Urol*. 2012. Vol. 62 (1). Pp. 160–165.
26. Saltutti C. et al. Extracorporeal lithotripters: is there a gold standard? *Congresso Nazionale AURO, Roma*. IT. 2003. 76 p.
27. Основин О. В., Попков В. М., Понукалин А. Н. Материалы Пленума РОУ. Кисловодск, 2011.