УДК 611.146.2-007.272-089+616.12-008.331.1+616.61/.62-008.6-009.7+617.551-009.7

СИНДРОМ ЩЕЛКУНЧИКА В ПРАКТИКЕ ДЕТСКОГО НЕФРОЛОГА

© Наталья Эдуардовна Прокопьева[1, 2], Ольга Васильевна Козловская[2], Светлана Александровна Лопатина[2], Любовь Владимировна Кирюхина[2], Михаил Владимирович Эрман[2], Татьяна Валерьевна Колесова[2], Владимир Георгиевич Крицук[2]

[1] Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2
[2] Детская городская больница № 2 Святой Марии Магдалины. 199004, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 1-я линия, д. 58

Контактная информация:
Наталья Эдуардовна Прокопьева — лаборант-исследователь лаборатории медико-социальных проблем в педиатрии Научно-исследовательского центра. E-mail: Shkunat93@gmail.com

Поступила: 24.10.2021 **Одобрена: 03.11.2021** **Принята к печати: 17.11.2021**

Резюме: Синдром щелкунчика (NCS) характеризуется компрессией левой почечной вены (LRV), чаще всего между аортой (Ao) и верхней брыжеечной артерией (SMA). Пациенты с синдромом щелкунчика имеют характерные симптомы, связанные с анатомической морфологией щелкунчика, тогда как феномен щелкунчика описывает аортобрыжеечное сжатие LRV при бессимптомном течении. Симптомы включают гематурию, ортостатическую протеинурию, боль в боку, боль в животе, варикоцеле, диспареунию, дисменорею. Наличие клинических признаков является основанием для постановки диагноза. Несколько методов визуализации, таких как ультразвуковая допплерография, компьютерная томографическая ангиография, магнитно-резонансная ангиография и ретроградная венография, используются для диагностики NCS. Ведение NCS зависит от клинической картины и тяжести гипертензии LRV. Решение о лечении должно основываться на серьезности симптомов и их ожидаемой обратимости с учетом возраста пациента и стадии синдрома.

Ключевые слова*: синдром щелкунчика; ущемление почечной вены; гематурия; ортостатическая протеинурия; гипертензия левой почечной вены.*

NUTCRACKER SYNDROME IN THE PRACTICE OF A PEDIATRIC NEPHROLOGIST

© Natalia E. Prokopyeva[1, 2], Olga V. Kozlovskaya[2], Svetlana A. Lopatina[2], Lyubov V. Kiryukhina[2], Mikhail V. Erman[2], Tatyana V. Kolesova[2], Vladimir G. Kritsuk[2]

[1] Saint-Petersburg State Pediatric Medical University. 194100, Saint-Petersburg, Litovskaya str., 2
[2] Children's City Hospital No. 2 of St. Mary Magdalene. 199004, Saint-Petersburg, Vasilievsky Island, 1st line, 58

Contact information:
Natalia E. Prokopyeva — research assistant at the Laboratory of Medical and Social Problems in Pediatrics at the Research Center. E-mail: Shkunat93@gmail.com

Received: 24.10.2021 **Revised: 03.11.2021** **Accepted: 17.11.2021**

Summary: Nutcracker syndrome (NCS) — characterized by compression of the left renal vein (LRV), most commonly between the aorta (Ao) and superior mesenteric artery (SMA). The nutcracker syndrome describes patients with characteristic symptoms associated with the anatomical morphology of the nutcracker, while the nutcracker phenomenon describes the aorto-mesenteric compression of the LRV in asymptomatic course. Symptoms include hematuria, orthostatic proteinuria, flank pain, abdominal pain, varicocele, dyspareunia, and dysmenorrhea. The presence of clinical signs is the basis for the diagnosis. Several imaging techniques such as Doppler ultrasound, computed tomography angiography, magnetic resonance angiography, and retrograde venography are used to diagnose NCS. The management of NCS depends on the clinical presentation and severity of LRV hypertension. Treatment decisions should be based on the severity of the symptoms and their expected reversibility, taking into account the patient's age and the stage of the syndrome.

Key words*: Nutcracker syndrome; impaired renal vein; hematuria; orthostatic proteinuria; left renal vein hypertension.*

ВВЕДЕНИЕ

Синдром щелкунчика (NCS — Nutcracker syndrome) также известен как синдром сдавления левой почечной вены (LRV) верхней брыжеечной артерией с развитием левосторонней почечной флебогипертензии [1–3]. Данное состояние приводит к стенозу аортобрыжеечной области LRV с расширением дистальной части сосуда. Данный синдром был впервые описан анатомически Grant в 1937 году следующим образом: «…левая почечная вена, расположенная между аортой и верхней брыжеечной артерией, напоминает орех, между челюстями щелкунчика» [4–6]. Клинические проявления NCS связаны с затруднением оттока из левой почечной вены (LRV) в нижнюю полую вену (IVC) из-за наличия сдавления [6–9].

Термины «феномен щелкунчика» и «синдром щелкунчика» иногда используются в литературе как синонимы, однако «феномен щелкунчика» описывает анатомические признаки, аортомезентериальное сдавление левой почечной вены, без клинических симптомов [9–11]. В то время как термин «синдром щелкунчика» используется для пациентов с клиническими симптомами, связанными с аномально расположенными сосудами [11, 12]. Следовательно, термин NCS следует применять только у пациентов с характерными клиническими симптомами, особенно при наличии гематурии, протеинурии, боли в поясничной области, диспареунии, варикоцеле у мужчин, наряду с диагностической визуализацией анатомических особенностей, связанных с синдромом [11, 13].

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

Точная распространенность NCS неизвестна, отчасти из-за отсутствия окончательных диагностических критериев, а отчасти из-за вариабельности симптомов [1–7, 11, 13].

КЛИНИЧЕСКАЯ КАРТИНА

Наиболее частые клинические проявления NCS включают гематурию, протеинурию, боль в животе, болевой синдром в поясничной области и варикоцеле. Самый частый симптом — гематурия различной степени выраженности [11, 14]. Появление гематурии связано с повышенным давлением в LRV, что приводит к разрыву тонкостенной перегородки между варикозным расширением вен и собирательной системой в своде почек [5, 8]. Ортостатическая протеинурия — еще один частый симптом NCS. Частота ортостатической протеинурии высока в период полового созревания. Механизм ортостатической протеинурии еще не изучен. Причинами считались изменения почечной гемодинамики и повышенный уровень норадреналина и ангиотензина II [13].

Болевой синдром — результат воспалительного каскада, вызванного венозной гипертензией, а также возможной уретеральной коликой [1, 6, 7].

Варикоцеле у мужчин чаще возникает у 5,5–9,5% преимущественно с левой стороны. Развитие варикоцеле связано с высоким давлением LRV и наличием коллатерального кровообращения [10, 14]. Коллатеральные вены могут быть обнаружены при ультразвуковой допплерографии органов малого таза и брюшной полости или венографии.

Другим физиологическим фактором, связанным с NCS, является недостаток забрюшинного жира, который может уменьшить аортомезентериальный угол. По данным P.T. Hangge и соавт., средний ИМТ пациентов с NCS составил 21,4 кг/м^2 против достоверно более высокого показателя для группы с бессимптомным феноменом компрессии LRV [15].

ДИАГНОСТИКА

Диагноз NCS подтверждается с помощью инструментальных методов, таких как ультразвуковая допплерография (DUS), компьютерная томографическая ангиография (CTA), магнитно-резонансная ангиография (MRA) и ретроградная венография [2, 3, 6, 13].

В диагностике NCS DUS в реальном времени имеет высокую чувствительность и специфичность, 69–90% и 89–100% соответственно. DUS рекомендуется в качестве первого диагностического исследования [16]. Все анатомические механизмы, участвующие в компрессии почечной вены, приводят к обструкции оттока, что ведет к повышению давления в LRV с измеримым градиентом ренокавального давления [7]. Нормальный градиент давления между дистальной почечной веной и НПВ составляет <1 мм рт.ст. Градиент давления ренокавального возврата ≥2 мм рт.ст. наводит на мысль о феномене щелкунчика [8, 16, 17]. В некоторых случаях для подтверждения диагноза может потребоваться визуализация при помощи компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии. Данные методы исследования могут продемонстрировать компрессию LRV в вилке, образованной SMA и брюшной аортой, растяжение гонадных вен и застой в тазу. Однако наивысшая диагностическая точность, наблюдаемая на аксиальных КТ-изображениях — это «признак клюва» [18,19]. Хотя данный синдром встречается редко, тем не менее, он заслуживает внимания в связи с риском развития осложнений, таких как ХБП, риск тромбоза LRV из-за длительной гипертензии левой почечной вены [5, 10, 20, 21].

ЛЕЧЕНИЕ

Лечение NCS остается спорной темой, как с точки зрения определения показаний к лечению при

различных диагностических критериях, так и с точки зрения выбора наилучшего метода лечения для конкретного пациента. Консервативный подход предпочтителен для пациентов в возрасте 18 лет и младше, поскольку у растущих людей может наблюдаться исчезновение симптомов из-за увеличения внутрибрюшной жировой ткани [16, 22, 23]. Развитие венозных коллатералей также помогает устранить гипертензию LRV. Оба механизма объясняют, почему до 75 % молодых пациентов наблюдают исчезновение симптомов в течение 24 месяцев [24]. Возможна также медикаментозная терапия, включая ингибиторы ангиотензин-превращающего фермента, для уменьшения степени протеинурии [25, 26].

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Пациент Т., 13 лет, направлен в нефрологическое отделение СПб ГБУЗ ДГБ № 2 в сентябре 2021 года в связи с эпизодами гематурии, протеинурии различной степени выраженности, снижением СКФ. По данным анамнеза дебют мочевого синдрома в 2013 году, мочевой синдром представлен микрогематурией с нарастанием до макрогематурии на фоне интеркуррентных заболеваний. С 2014 года на фоне эпизодов макрогематурии было отмечено повышение уровня креатинина до 296 мкмоль/л, повышение АД (максимально до 140/80 мм рт.ст), болевой абдоминальный синдром.

При поступлении активных жалоб не предъявляет. Температура — 36,6 °С, рост — 167 см, масса тела — 53 кг, индекс массы тела (ИМТ) — 19,0 кг/м^2. Отеков нет. АД — 115/70 мм рт.ст.

Лабораторно: в общем анализе мочи — плотность 1,030, выраженная протеинурия (до 3,0 г/л), микрогематурия. В клиническом анализе крови: эритроциты крови — 4,97×10^{12}/л, гемоглобин — 143 г/л, лейкоциты — 5,5×10^9/л, тромбоциты — 287×10^9/л, СОЭ — 4 мм/ч. В биохимическом анализе крови: общий белок — 77 г/л, альбумины — 57 г/л, мочевина — 3,1 ммоль/л, креатинин — 47 мкмоль/л, мочевая кислота — 246 мкмоль/л, общий холестерин — 3,5 ммоль/л, кальций общий — 2,58 ммоль/л, железо — 30,2 мкмоль/л. СКФ Bedside Schwartz 142 мл/мин на 1,72 м^2. Коагулограмма: протромбиновое время — 14,5 с, фибриноген — 2,83 г/л, протромбин по Квику — 70%, МНО — 1,27, АЧТВ — 29,3. Иммунологической активности не выявлено (IgA, IgM, IgG, компоненты комплимента C3, C4 — норма).

При УЗИ размеры правой почки — 110×42 мм, левой — 122×48 мм, толщина паренхимы — 20 мм с обеих сторон, эхогенность в норме, структура полостной системы почек без патологии.

Учитывая анамнез заболевания (эпизоды гематурии с нарастанием на фоне ОРВИ, повышение АД, снижение СКФ), выполнена нефробиопсия. По результатам нефробиопсии на светооптическом и иммунофлюоресцентном уровнях ткань почки без патологических изменений.

Учитывая отсутствие изменений по результатам нефробиопсии, отсутствие иммунологической активности было выполнено УЗИ с допплерографией сосудов почек для исключения NCS. При допплерографии почек — признаки аортомезентериальной компресии (левая почечная вена — 10 мм, сужение между аортой и верхней брыжеечной артерией — 3 мм, скорости кровотока в расширенном участке — 25 мм/с, в узком участке — 62 мм/с) (рис. 1).

Для уточнения характера патологических изменений проведена МСКТ органов брюшной полости на 16-срезовом томографе Somatom Emotion

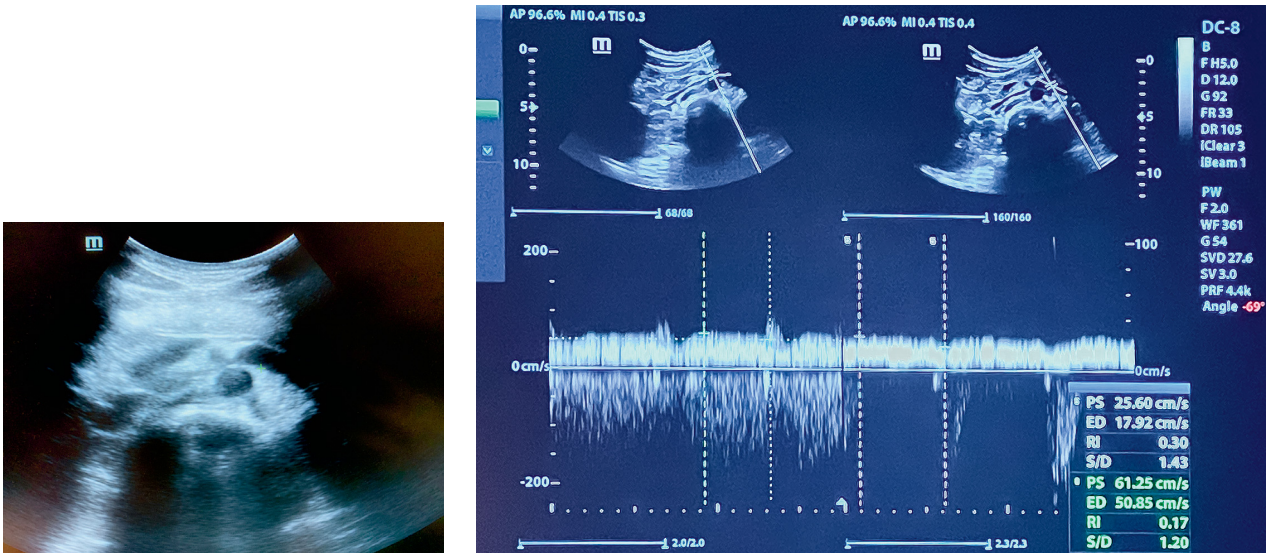

Рис. 1. Ультразвуковое исследование с допплерографией сосудов почек

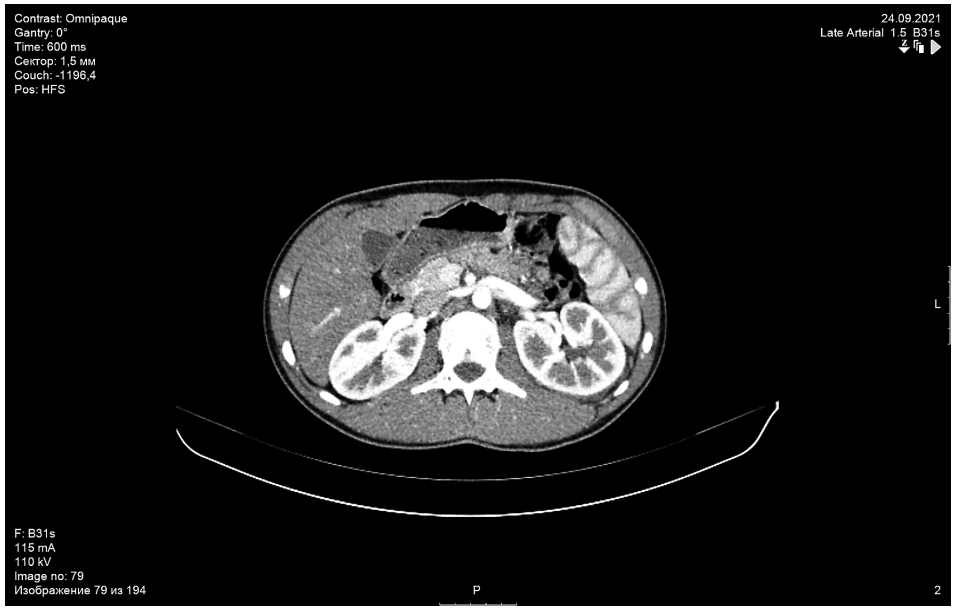

Рис. 2. Компьютерная томограмма почек и верхних мочевыводящих путей с контрастированием

производства фирмы Siemens с конфигурацией детекторов 16×1,2 мм, с использованием стандартного внутривенного контрастирования (Омнипак — 350 мг йода/мл из расчета 1,5 мл/кг) и получением изображений в нативную, артериальную, венозную и отсроченную фазы. Визуализирована компрессия левой почечной вены на уровне аортомезентериального сегмента с локальным уменьшением ее диаметра до 3 мм и расширением в области ворот почки (рис. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ

Наличие мочевого синдрома, особенно гематурии, в настоящее время недостаточно используется как критерий для диагностики NCS. В своем исследовании J.I. Shin и соавт. обследовали 221 ребенка с изолированной гематурией (макроскопической и микроскопической) в период с 1 января 2002 г. по 31 декабря 2004 г., в плановом порядке проводилось УЗИ с доплерографией сосудов почек для выявления случаев синдрома щелкунчика. По полученным данным из 221 обследованных, у 72 детей (33,3%) с изолированной гематурией был выявлен NCS по результатам УЗИ с допплерографией [27]. Клинические проявления и степень компрессии левой почечной вены в аортомезентериальном пинцете, по данным визуализации, служат основными диагностическими параметрами NCS [14, 15]. DUS в реальном времени имеет высокую чувствительность и специфичность. Чувствительность (69–90%) и специфичность (89–100%) делают его полезным неинвазивным диагностическим инструментом, особенно при наличии цветового потока в коллатеральных венах [2, 8, 12, 14–16]. Пороговые значения DUS для NCS у детей могут варьировать от 3,7–4,0 до 4,7–4,8 [8, 14, 17, 18]. J.E. Cheon и соавт. предположили, что пороговые значения более 4,7 для отношения максимальной скорости (PV) аортомезентериального (AM) сегмента к воротной части для LRV могут использоваться в качестве диагностического критерия NCS у детей [18]. Ранняя диагностика NCS важна, чтобы избежать ненужных диагностических процедур и осложнений [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

До последнего времени синдром щелкунчика (Nutcracker syndrome) — аортомезентериальная компрессия левой почечной вены, в детской практике рассматривалась нечасто. Но учитывая последние исследования и то, что в 43–68% случаев причина гематурии остается неуточненной, NCS следует рассматривать как возможную причину мочевого синдрома у детей [11]. Полученный опыт свидетельствует о необходимости включения этого синдрома в план дифференциального диагноза для пациентов с гематурией и протеинурией различной степени выраженности, так как это поможет отложить проведение биопсии почек и избежать риска осложнений, связанных с ней, а также избежать ненужного диагностического обследования. Исходя из данных литературы, применение УЗИ с допплерографией сосудов почек может быть использовано в качестве первичной диагностики NCS, учитывая неинвазивность, высокую чувствительность и специфичность.

ЛИТЕРАТУРА

1. De Schepper A. "Nutcracker" phenomenon of the renal vein and venous pathology of the left kidney. J. Belge. Radiol. 1972; 55: 507–11.

2. Kurklinsky A.K., Rooke T.W. Nutcracker phenomenon and nutcracker syndrome. Mayo Clin. Proc. 2010; 85: 552–9. DOI: 10.4065/mcp.2009.0586.
3. Ananthan K., Onida S., Davies A.H. Nutcracker Syndrome: An Update on Current Diagnostic Criteria and Management Guidelines. Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. 2017; 53: 886–94. DOI: 10.1016/j.ejvs.2017.02.015.
4. Calàbria H.C., Gómez S.Q., Cerqueda C.S. et al. Nutcracker or left renal vein compression phenomenon: Multidetector computed tomography findings and clinical significance. Eur. Radiol. 2005; 15: 1745–51. DOI: 10.1007/s00330-005-2688-y.
5. Venkatachalam S., Bumpus K., Kapadia S.R. et al. The nutcracker syndrome. Ann. Vasc. Surg. 2011; 25: 1154–64. DOI: 10.1016/j.avsg.2011.01.002.
6. Gulleroglu K., Gulleroglu B., Baskin E. Nutcracker syndrome. World J. Nephrol. 2014; 3: 277–81. DOI: 10.5527/wjn.v3.i4.277.
7. Rudloff U., Holmes R.J., Prem J.T. et al. Mesoaortic compression of the left renal vein (nutcracker syndrome): Case reports and review of the literature. Ann. Vasc. Surg. 2006; 20: 120–29. DOI: 10.1007/s10016-005-5016-8.
8. Park S.J., Lim J.W., Cho B.S. et al. Nutcracker syndrome in children with orthostatic proteinuria: Diagnosis on the basis of Doppler sonography. J. Ultrasound Med. 2002; 21: 39–45. DOI: 10.7863/jum.2002.21.1.39.
9. Ekim M., Ozçakar Z.B., Fitoz S. et al. The "nutcracker phenomenon" with orthostatic proteinuria: Case reports. Clin. Nephrol. 2006; 65: 280–3. DOI: 10.5414/CNP65280.
10. Ozçakar Z.B., Yalçınkaya F., Fitöz S. et al. Nutcracker syndrome manifesting with severe proteinuria: A challenging scenario in a single-kidney patient. Pediatr. Nephrol. 2011; 26: 987–90. DOI: 10.1007/s00467-011-1793-1.
11. Alaygut D., Bayram M., Soylu A. et al. Clinical course of children with nutcracker syndrome. Urology. 2013; 82: 686–90. DOI: 10.1016/j.urology.2013.03.048.
12. Shin J.I., Park J.M., Lee J.S., Kim M.J. Effect of renal Doppler ultrasound on the detection of nutcracker syndrome in children with hematuria. Eur. J. Pediatr. 2007; 166: 399–404. DOI: 10.1007/s00431-006-0252-7.
13. He Y., Wu Z., Chen S. et al. Nutcracker syndrome — How well do we know it? Urology. 2014; 83: 12–7. DOI: 10.1016/j.urology.2013.08.033.
14. Fitoz S., Ekim M., Ozcakar Z.B. et al. Nutcracker syndrome in children: The role of upright position examination and superior mesenteric artery angle measurement in the diagnosis. J. Ultrasound Med. 2007; 26: 573–80. DOI: 10.7863/jum.2007.26.5.573.
15. Hangge P.T., Gupta N., Khurana A. et al. Degree of Left Renal Vein Compression Predicts Nutcracker Syndrome Clin. Med. 2018; 7(5): 107. DOI: 10.3390/jcm7050107.
16. Kim S.H., Cho S.W., Kim H.D. et al. Nutcracker syndrome: Diagnosis with Doppler US. Radiology. 1996; 198: 93–7. DOI: 10.1148/radiology.198.1.8539413.
17. Takebayashi S., Ueki T., Ikeda N., Fujikawa A. Diagnosis of the nutcracker syndrome with color Doppler sonography: Correlation with flow patterns on retrograde left renal venography. Am. J. Roentgenol. 1999; 172: 39–43. DOI: 10.2214/ajr.172.1.9888735.
18. Cheon J.E., Kim W.S., Kim I.O. et al. Nutcracker syndrome in children with gross haematuria: Doppler sonographic evaluation of the left renal vein. Pediatr. Radiol. 2006; 36: 682–6. DOI: 10.1007/s00247-006-0145-y.
19. Okada M., Tsuzuki K., Ito S. Diagnosis of the nutcracker phenomenon using two-dimensional ultrasonography. Clin. Nephrol. 1998; 49: 35–40.
20. Orczyk K., Łabętowicz P., Lodziński S. et al. The nutcracker syndrome — Morphology and clinical aspects of the important vascular variations: A systematic study of 112 cases. Int. Angiol. 2016; 35: 71–7.
21. Hangge P.T., Gupta N., Khurana A. et al. Degree of Left Renal Vein Compression Predicts Nutcracker Syndrome. J. Clin. Med. 2018; 7: 107. DOI: 10.3390/jcm7050107.
22. Orczyk K., Wysiadecki G., Majos M. et al. What each clinical anatomist has to know about left renal vein entrapment syndrome (Nutcracker syndrome) — A review of the most important findings. Biomed Res. Int. 2017; 2017. DOI: 10.1155/2017/1746570.
23. Park S.J., Shin J.I. Renal doppler ultrasonography in the diagnosis of nutcracker syndrome. Eur. J. Pediatr. 2013; 172: 135–6. DOI: 10.1007/s00431-012-1859-5.
24. Shin J.I., Park J.M., Lee S.M. et al. Factors affecting spontaneous resolution of hematuria in childhood nutcracker syndrome. Pediatr. Nephrol. 2005; 20: 609–13. DOI: 10.1007/s00467-004-1799-z.
25. Shin J.I., Lee J.S., Kim M.J. Re: Endovascular stent placement for the treatment of nutcracker phenomenon in three pediatric patients. J. Vasc. Interv. Radiol. 2006; 17: 1063–4. DOI: 10.1097/01.RVI.0000222649.68037.82.
26. Kim J.Y., Joh J.H., Choi H.Y. et al. Transposition of the left renal vein in nutcracker syndrome. Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. 2006; 31: 80–2. DOI: 10.1016/j.ejvs.2005.08.012.
27. Shin J.I., Park J.M., Lee J.S., Kim M.J. Effect of renal Doppler ultrasound on the detection of nutcracker syndrome in children with hematuria. Eur. J. Pediatr. 2007; 166: 399–404. DOI: 10.1007/s00431-006-0252-7.

REFERENCES

1. De Schepper A. "Nutcracker" phenomenon of the renal vein and venous pathology of the left kidney. J. Belge. Radiol. 1972; 55: 507–11.

2. Kurklinsky A.K., Rooke T.W. Nutcracker phenomenon and nutcracker syndrome. Mayo Clin. Proc. 2010; 85: 552–9. DOI: 10.4065/mcp.2009.0586.
3. Ananthan K., Onida S., Davies A.H. Nutcracker Syndrome: An Update on Current Diagnostic Criteria and Management Guidelines. Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. 2017; 53: 886–94. DOI: 10.1016/j.ejvs.2017.02.015.
4. Calàbria H.C., Gómez S.Q., Cerqueda C.S. et al. Nutcracker or left renal vein compression phenomenon: Multidetector computed tomography findings and clinical significance. Eur. Radiol. 2005; 15: 1745–51. DOI: 10.1007/s00330-005-2688-y.
5. Venkatachalam S., Bumpus K., Kapadia S.R. et al. The nutcracker syndrome. Ann. Vasc. Surg. 2011; 25: 1154–64. DOI: 10.1016/j.avsg.2011.01.002.
6. Gulleroglu K., Gulleroglu B., Baskin E. Nutcracker syndrome. World J. Nephrol. 2014; 3: 277–81. DOI: 10.5527/wjn.v3.i4.277.
7. Rudloff U., Holmes R.J., Prem J.T. et al. Mesoaortic compression of the left renal vein (nutcracker syndrome): Case reports and review of the literature. Ann. Vasc. Surg. 2006; 20: 120–29. DOI: 10.1007/s10016-005-5016-8.
8. Park S.J., Lim J.W., Cho B.S. et al. Nutcracker syndrome in children with orthostatic proteinuria: Diagnosis on the basis of Doppler sonography. J. Ultrasound Med. 2002; 21: 39–45. DOI: 10.7863/jum.2002.21.1.39.
9. Ekim M., Ozçakar Z.B., Fitoz S. et al. The "nutcracker phenomenon" with orthostatic proteinuria: Case reports. Clin. Nephrol. 2006; 65: 280–3. DOI: 10.5414/CNP65280.
10. Ozçakar Z.B., Yalçınkaya F., Fitöz S. et al. Nutcracker syndrome manifesting with severe proteinuria: A challenging scenario in a single-kidney patient. Pediatr. Nephrol. 2011; 26: 987–90. DOI: 10.1007/s00467-011-1793-1.
11. Alaygut D., Bayram M., Soylu A. et al. Clinical course of children with nutcracker syndrome. Urology. 2013; 82: 686–90. DOI: 10.1016/j.urology.2013.03.048.
12. Shin J.I., Park J.M., Lee J.S., Kim M.J. Effect of renal Doppler ultrasound on the detection of nutcracker syndrome in children with hematuria. Eur. J. Pediatr. 2007; 166: 399–404. DOI: 10.1007/s00431-006-0252-7.
13. He Y., Wu Z., Chen S. et al. Nutcracker syndrome — How well do we know it? Urology. 2014; 83: 12–7. DOI: 10.1016/j.urology.2013.08.033.
14. Fitoz S., Ekim M., Ozcakar Z.B. et al. Nutcracker syndrome in children: The role of upright position examination and superior mesenteric artery angle measurement in the diagnosis. J. Ultrasound Med. 2007; 26: 573–80. DOI: 10.7863/jum.2007.26.5.573.
15. Hangge P.T., Gupta N., Khurana A. et al. Degree of Left Renal Vein Compression Predicts Nutcracker Syndrome Clin. Med. 2018; 7(5): 107. DOI: 10.3390/jcm7050107.
16. Kim S.H., Cho S.W., Kim H.D. et al. Nutcracker syndrome: Diagnosis with Doppler US. Radiology. 1996; 198: 93–7. DOI: 10.1148/radiology.198.1.8539413.
17. Takebayashi S., Ueki T., Ikeda N., Fujikawa A. Diagnosis of the nutcracker syndrome with color Doppler sonography: Correlation with flow patterns on retrograde left renal venography. Am. J. Roentgenol. 1999; 172: 39–43. DOI: 10.2214/ajr.172.1.9888735.
18. Cheon J.E., Kim W.S., Kim I.O. et al. Nutcracker syndrome in children with gross haematuria: Doppler sonographic evaluation of the left renal vein. Pediatr. Radiol. 2006; 36: 682–6. DOI: 10.1007/s00247-006-0145-y.
19. Okada M., Tsuzuki K., Ito S. Diagnosis of the nutcracker phenomenon using two-dimensional ultrasonography. Clin. Nephrol. 1998; 49: 35–40.
20. Orczyk K., Łabętowicz P., Lodziński S. et al. The nutcracker syndrome — Morphology and clinical aspects of the important vascular variations: A systematic study of 112 cases. Int. Angiol. 2016; 35: 71–7.
21. Hangge P.T., Gupta N., Khurana A. et al. Degree of Left Renal Vein Compression Predicts Nutcracker Syndrome. J. Clin. Med. 2018; 7: 107. DOI: 10.3390/jcm7050107.
22. Orczyk K., Wysiadecki G., Majos M. et al. What each clinical anatomist has to know about left renal vein entrapment syndrome (Nutcracker syndrome) — A review of the most important findings. Biomed Res. Int. 2017; 2017. DOI: 10.1155/2017/1746570.
23. Park S.J., Shin J.I. Renal doppler ultrasonography in the diagnosis of nutcracker syndrome. Eur. J. Pediatr. 2013; 172: 135–6. DOI: 10.1007/s00431-012-1859-5.
24. Shin J.I., Park J.M., Lee S.M. et al. Factors affecting spontaneous resolution of hematuria in childhood nutcracker syndrome. Pediatr. Nephrol. 2005; 20: 609–13. DOI: 10.1007/s00467-004-1799-z.
25. Shin J.I., Lee J.S., Kim M.J. Re: Endovascular stent placement for the treatment of nutcracker phenomenon in three pediatric patients. J. Vasc. Interv. Radiol. 2006; 17: 1063–4. DOI: 10.1097/01.RVI.0000222649.68037.82.
26. Kim J.Y., Joh J.H., Choi H.Y. et al. Transposition of the left renal vein in nutcracker syndrome. Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. 2006; 31: 80–2. DOI: 10.1016/j.ejvs.2005.08.012.
27. Shin J.I., Park J.M., Lee J.S., Kim M.J. Effect of renal Doppler ultrasound on the detection of nutcracker syndrome in children with hematuria. Eur. J. Pediatr. 2007; 166: 399–404. DOI: 10.1007/s00431-006-0252-7.