

UDK 616-073:616-07-053.2
DOI 10.7251/SCEPED1902081V
COBISS-ID 8385560

REVIEW ARTICLE

ULTRASOUND IN NON-TRAUMATIC ABDOMINAL PEDIATRIC EMERGENCIES: THE RADIOLOGIST'S PERSPECTIVE

Saša Vujnović, Siniša Vujmilović, Dragana Roganović

*Institute of Clinical Radiology, University Clinical Centre of the Republic of Srpska (UKC RS),
Banja Luka*

Appendicitis, intussusception and hypertrophic pyloric stenosis are the most common causes of abdominal pain in pediatric patients that require urgent diagnostic imaging. The use of computed tomography (CT) has increased significantly in the last few decades, but this modality is not recommended in pediatric patients due to the adverse effect of ionizing radiation. Magnetic resonance imaging (MRI), as a primary modality for the evaluation of pediatric patients, is not suitable due to frequent use of sedation and high costs of examination. Unlike other diagnostic techniques, ultrasound does not expose the patient to ionizing radiation and there is no need for sedation, which allows for dynamic assessment of gastrointestinal peristalsis. US is an imaging modality that is widely available, non-invasive, painless and relatively easy to perform in pediatric patients with severe abdominal pain. Any delay in the diagnostic process of all the abovementioned diseases can lead to additional morbidity or even mortality. The role of ultrasound in the diagnosis of appendicitis, intussusception and pyloric stenosis in pediatric patients was analyzed in this study, and key points about ultrasound scans of these diseases were pointed out, as well as other normal and pathological conditions that can mimic these diseases.

Key words: ultrasound, acute appendicitis, hypertrophic pyloric stenosis, intussusception

ULTRAZVUK U HITNIM NETRAUMATSKIM ABDOMINALNIM PEDIJATRIJSKIM STANJIMA, POGLED IZ UGLA RADIOLOGA

Saša Vujnović, Siniša Vujmilović, Dragana Roganović

Zavod za kliničku radiologiju, UKC RS-a, Banja Luka

Apendicitis, intususcepcija i hipertrofična stenoza pilorusa su najčešći razlozi abdominalnog bola kod pedijatrijskih pacijenata koji zahtijevaju hitnu radiološku dijagnostiku. Upotreba kompjuterizovane tomografije je u posljednjim decenijama znatno porasla ali zbog neželjenog dejstva jonizujućeg zračenja upotreba ovog modaliteta nije preporučljiva kod pedijatrijskih pacijenata. Magnetna rezonanca kao primarni modalitet u procjeni pedijatrijskih pacijenata nije preporučljiva zbog česte potrebe za sedacijom i visoke cijene pregleda. Za razliku od prethodnih tehnika, ultrazvučna dijagnostika ne uključuje jonizujuće zračenje, nema potrebe za sedacijom pacijenata te omogućuje dinamičku analizu peristaltike gastrointestinalnog trakta. Ultrazvučna dijagnostika je široko dostupna, neinvanzivna, bezbolna i relativno jednostavno se može izvesti i kod pedijatrijskih pacijenata koji trpe velike bolove. Kod svih gore navedenih oboljenja svako kašnjenje u donošenju tačne dijagnoze može dovesti do neželjenog povećanja morbiditeta, pa čak i pojave mortaliteta. U radu je analizirana uloga ultrazvuka u dijagnostici apendicitisa, intususcepcije i stenozе pilorusa kod pedijatrijskih pacijenata, ukazano je na ključne ultrazvučne znakove ovih oboljenja te opisana druga normalna i patološka stanja koja pri ultrazvučnom pregledu mogu da imitiraju ova oboljenja.

Ključne riječi: ultrazvuk, akutni apendicitis, hipertrofična stenoza pilorusa, intususcepcija,

Uvod

Netraumatska hitna abdominalna pedijatrijska stanja se znatno razlikuju od onih u adultnoj populaciji i trebaju biti tretirana sa većim stepenom hitnosti nego ekvivalentna stanja kod odraslih. Postoji veliki broj različitih oboljenja koja spadaju u ovu grupu, počevši od manje-više bezopasnih kao što su blage forme gastroenteritisa pa sve do po život opasnih kao što je na primjer perforirani apendicitis. Najčešći simptomi abdominalnih hitnih stanja kod djece su povraćanje, bol u abdomen i povišena temperatura. Detaljan i pažljiv fizikalni pregled kojem prethodi detaljno uzeta anamneza je ekstremno važan u uspostavljanju tačne dijagnoze što može biti izuzetno zahtijevno kod bolešću iznurenog ili uznemirenog djeteta.

Apendicitis, intususcepcija i hipertrofična stenoza pilorusa (HSP) su najčešći razlozi abdominalnog bola kod pedijatrijskih pacijenata koji zahtijevaju hitnu radiološku dijagnostiku. Upotreba kompjuterizovane tomografije je u posljednjim decenijama znatno porasla ali zbog neželjenog dejstva jonizujućeg zračenja upotreba ovog modaliteta nije preporučljiva kod pedijatrijskih pacijenata. Magnetna rezonanca kao primarni modalitet u procjeni pedijatrijskih pacijenata nije preporučljiva zbog česte potrebe za sedacijom i visoke cijene pregleda. Za razliku od magnetne rezonance, ultrazvučna dijagnostika je jeftina, široko dostupna i ne zahtijeva sedaciju pacijenta¹

Velika prednost ultrazvučne dijagnostike u komparaciji sa magnetnom rezonancom je i mogućnost prikaza i analize peristaltike u realnom vremenu te mogućnost kompresije gastrointestinalnih struktura što je od esencijalnog značaja kod postavljanja ultrazvučne dijagnoze akutnog apendicitisa²

Akutni apendicitis

Akutni apendicitis se može javiti u bilo kom uzrastu, a maksimalna incidenca je u drugoj dekadi života. Nakon nje, incidenca opada sa godinama³. Akutni apendicitis je rijedak kod pacijenata mlađih od 2 godine⁴.

Etiologija i patogeneza akutnog apendicitisa je još uvijek donekle kontroverzna⁵. Najzastupljenija teorija je da je mehanička opstrukcija lumena apendiksa osnovni razlog za nastanak akutnog apendicitisa^{6,7}.

Ovakva opstrukcija može biti izazvana različitim uzročnicima, fekalnom stazom, limfoidnom hiperplazijom, stranim tijelima, parazitima, te primarnim (karcinoid, adenokarcinom, Kapošijev sarkom, limfom) ili metastatskim (najčešće debelog crijeva ili dojke) tumorima^{8,9,10,11}.

Kod djece u oko 60% slučajeva opstrukcija je posljedica hiperplazije submukoznog limfatičnog tkiva. Hiperplazija je kod djece najčešće posljedica akutnih respiratornih infekcija, infektivne mononukleoze ili drugih bolesti koje prouzrokuju generalizovanu reakciju limfnog tkiva. U 35% slučajeva u dječijoj populaciji opstrukcija je izazvana fekalnom stazom ili fekalitima. Apendicitis prouzrokovan stranim tijelom (zaostali barijum nakon radiološkog pregleda, sjemenke voća ili povrća) ili intestinalnim parazitima se javlja u 4 % slučajeva, dok je u 1% dječije i odrasle populacije uzrok apendiksa tumor zida apendiksa ili cekuma^{12,13}.

Tradicionalno, dijagnoza akutnog apendicitisa se donosi na osnovu anamneze i fizikalnog pregleda. Anoreksija, mučnina i povraćanje su simptomi koji su najčešće povezani sa akutnim apendicitisom. Klasična slika je inicijalno nejasno lokalizovani bol u periumbilikalnoj regiji sa naknadnom migracijom bola u donji desni kvadrant te rigidnost abdominalne muskulature²⁷. Fizikalni nalaz zavisi od stadijuma bolesti i lokacije apendiksa¹⁴. Ovakva klasična prezentacija ove bolesti se susreće kod samo 50-60 % pacijenata.

Ultrazvučni pregled apendiksa se izvodi uz pomoć linearne sonde visok rezolucije (5-12 MHz). Prije početka pregleda je dobro, ukoliko je to moguće zamoliti pacijenta

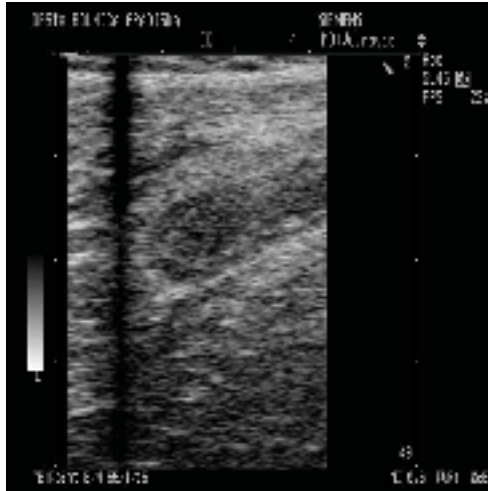
da sa jednim prstom pokaže tačku maksimalnog bola, sa ciljem preciznije lokalizacija apendiksa i skraćivanja vremena pregleda. Ultrazvučni pregled apendiksa se radi tehnikom postepene kompresije (tehnika podrazumijeva postepena povećavanja pritiska sonde na prednji abdominalni zid). Ova tehnika omogućuje da razlikujemo zdrave, kompresibilne vijuge crijeva od inflamiranog, nekompresibilnog apendiksa.

Za identifikaciju apendiksa neophodno je ultrazvukom identifikovati nekoliko anatomskih orijentira kao što su cekum, terminalni ileum i desni mišić psoas.

Ascedentni kolon se prikazuje kao aperistaltična crijeva struktura koja sadrži gas i tečnost. Sljedeći anatomske orijentir je terminalni ileum koji se prikazuje kao lako kompresibilna crijeva struktura koja pokazuje peristaltičke pokrete. Vrh cekuma, gdje se nalazi korijen apendiksa se obično nalazi 1-2 cm ispod terminalnog ileuma. Desni mišić psoas, vanjska ilijačna arterija i vena se nalaze medijalno od ovih crijevnih struktura.

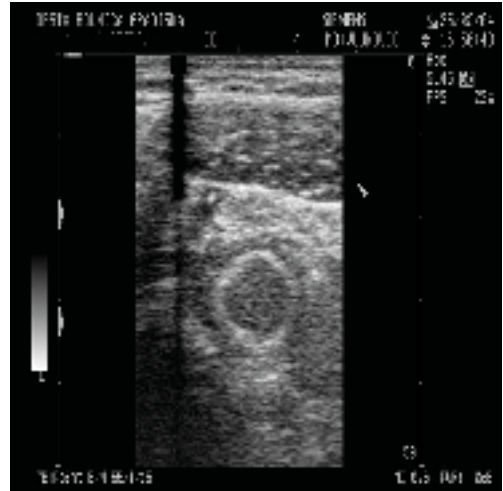
Izvođenjem tehnike postepene kompresije normalne vijuge tankog i debelog crijeva te normalan apendiks bi bili ili komprimovani ili potisnuti iz vidnog polja. S druge strane inflamirani apendiks se prikazuje na longitudinalnim presjecima kao nekompresibilna, aperistaltična crijeva struktura spojena sa cekumom svojim proksimalnim krajom, ispunjena tečnošću i sa slijepim završetkom na distalnom kraju (Slika 1). Na transverzalnom presjeku inflamirani apendiks ima izgled mete (target) sa hipoehogenim centrom koji odgovara intraluminalnoj tečnosti, te sa koncentričnim hiper (submukoza) i hipoehogenim (mišićni sloj) parijetalnim slojevima (Slika 2).

Slika 1.



Ultrazvučni prikaz inflamiranog apendiksa, longitudinalni presjek: nekompresibilna, aperistaltična crijeva struktura dijametra preko 6 mm, spojena sa cekumom svojim proksimalnim krajem, ispunjena tečnošću i sa slijepim završetkom na distalnom kraju.

Slika 2.



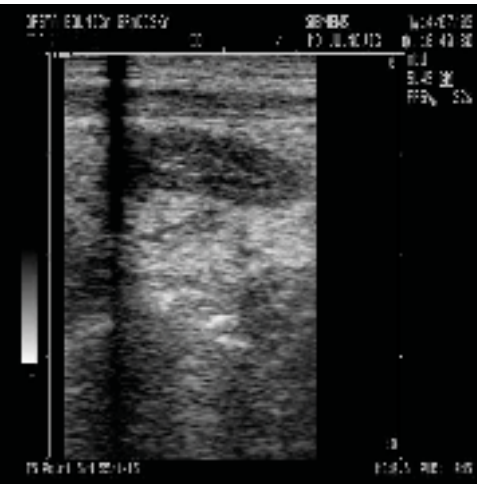
Ultrazvučni prikaz inflamiranog apendiksa, transverzalni presjek: inflamirani apendiks ima izgled mete (target) sa hipoehogenim centrom koji odgovara intraluminalnoj tečnosti, te sa koncentričnim hiper (submukoza) i hipoehogenim (mišićni sloj) parijetalnim slojevima.

Najsigurniji ultrazvučni znak akutnog apendicitisa je spoljni dijametar apendiksa pod kompresijom veći od 6 mm sa pozitivnom i negativnom prediktivnom vrijednošću od 98%¹⁵. Manje sigurni ultrazvučni znaci akutnog apendicitisa su hiperemija unutar apendikalnog zida na kolor dopler snimcima, hiperehogena inflamirana periapendikalna mast (Slika 3) te prisustvo apendiklita (Slika 4). Prisustvo apendikolita kod djece je udruženo sa većim procentom perforacije¹⁶.

Slika 3.a,

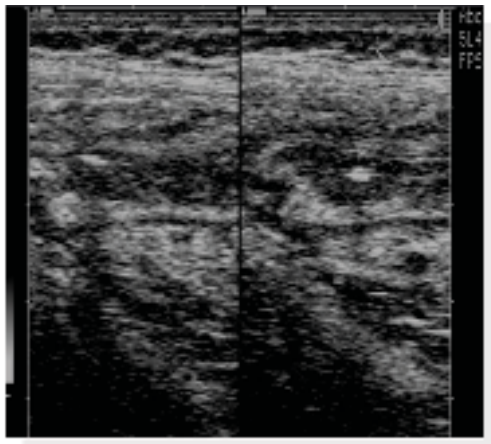


b



Akutni apendicitis: Inflamirani apendiks dijametra preko 6 mm. Jasno se uočava hiperehogena inflamirana mast.

Slika 4.



Akutni apendicitis: apendikoliti se prikazuju kao endoluminalne, jasno ograničene hiperehogene promjene sa akustičnim farom.

Intususcepcija

Intususcepcija je patološki proces u kome se dio crijeva teleskopski uvuče u aboralniji segment crijeva i predstavlja najčešći razlog gastrointestinalne opstrukcije kod pedijatrijskih pacijenata. Intususcepcija se najčešće javlja kod djece starosti između 6 mjeseci i dvije godine, najčešće u ileocekalnoj regiji. Intususcepcije tankog crijeva su najčešće incidentalni nalaz, često nemaju kliničkog značaja te spontano nestanu u roku od nekoliko minuta¹⁷.

Klinička slika intususcepcije je predstavljena klasičnim trijasom koji se sastoji od abdominalnog bola, krvi u stolici i palpabilne abdominalne mase. Do 20% pacijenata koji imaju intususcepciju mogu biti bez bolova, a samo 30-68% pacijenata sa suspektnom kliničkom slikom stvarno i imaju ovo oboljenje¹⁸. Intususcepcija može dovesti do opstrukcije crijeva i mezenteričke vaskularne kompresije te posljedične ishemije i nekroze crijeva. Iz ovoga je jasno da su rana dijagnoza i tretman ovog oboljenja veoma bitni. U preko 90% slučajeva patogeneza intususcepcije je idiopatska. U ovakvim slučajevima se spekulira da je intususcepcija posljedica nekoordinisane peristaltike ili limfoidne hiperplazije na terenu skorašnje gastrointestinalne infekcije^{19,20}.

U 5-6 % slučajeva intususcepcija se razvija na terenu patološkog procesa u zidu crijeva, bilo fokalnog ili difuznog. Najčešći fokalni uzrok intususcepcije je Mekelov divertikulum, duplikaciona cista, polip i limfom, dok su od difuznih patoloških procesa to cistična fibroza i Henoh-Šenlajnova purpura.

Radiološka dijagnostika je veoma važna za brzu i sigurnu dijagnozu intususcepcije. Ukoliko postoji klinička sumnja na intususcepciju, posebno kada su prisutna dva ili tri znaka klasičnog trijasa, radiološki pregled treba uraditi što prije. Ultrazvučni pregled treba biti inicijalna radiološka pretraga²¹ kod pacijenata sa suspektnom intususcepcijom. Senzitivnost ultrazvuka u detekciji intususcepcije iznosi 97,9%, specifičnost 97,8%, pozitivna prediktivna vrijednost 86,6 % te negativna prediktivna vrijednost 99,7 %^{22,23}.

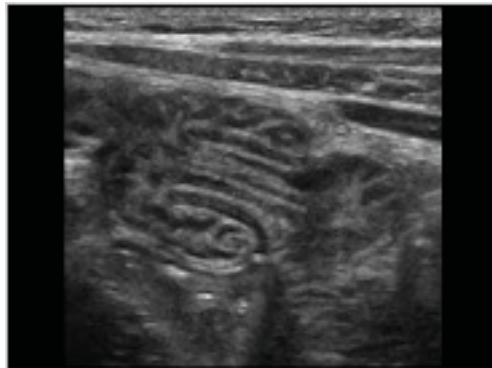
Ultrazvučni pregled intususcepcije se izvodi uz pomoć linearne sonde visoke rezolucije (5-12 MHz). Prvo se identifikuje ascendentni kolon i cekum. Većina intususcepcija su ileokolične i nalaze se u donjem desnom kvadrantu, odnosno preciznije u regionu cekuma. Na transversalnim presjecima se intususcepcija manifestuje kao koncentrični hipo i hiperehogeni slojevi koji imaju oblik mete (target) (Slika 5.). Na longitudinalnim presjecima se uočava crijevo unutar crijeva struktura koja ukoliko se prikaže u kosom presjeku izgleda kao bubreg (pseudokidney znak) (Slika 6.). Na ultrazvučnom pregledu se može uočiti i mezenterijum uvučen u intususcepciju te ponekad i limfni čvorovi. Ovakva masa najčešće ima dijametar 4-5 cm. Ponekad zadebljanje cekuma ili kolona na terenu inflamatornog procesa može podsjećati na target znak.

Slika 5.



Intususcepcija, ultrazvučni prikaz, transverzalni presjek: koncentrični hipo i hiperehogeni slojevi teleskopski uvučenih slojeva crijeva koji imaju oblik mete (target).

Slika 6.



Intususcepcija, ultrazvučni prikaz, longitudinalni presjek: crijevo unutar crijeva struktura koja podsjeća na ultrazvučni izgled bubrega (pseudokidney znak).

Standardna procedura tretmana ileocekalne intususcepcije je retrogradno uvođenje gasa ili tečnosti u kolon sa ciljem potiskivanja intususceptuma kroz ileocekalnu valvulu. Ova procedura se najčešće izvodi pod kontrolom fluoroskopije iako se jednako dobro može izvesti i pod kontrolom ultrazvuka bez štetnog izlaganja pacijenta jonizujućem zračenju²⁴.

Nakon nehirurškog tretmana intususcepcija se ponovo javlja u 10-15% pacijenata u periodu od nekoliko dana nakon intervencije²⁵. U ovakvim slučajevima se savjetuje ponovna nehirurška intervencija. Hirurška terapija je indicirana kod pacijenata kod kojih nehirurški pristup ne daje uspjeha ili kad je suspektan fokalni patološki proces u zidu crijeva koji dovodi do intususcepcije.

Hipertofična stenoza pilorusa

HSP je najčešći razlog hirurške intervencije kod djece u prvih nekoliko mjeseci života²⁶. Ovo oboljenje se karakteriše zadebljanjem mišićnog sloja pilorusa te nemogućnošću relaksacija pilorusnog kanala što za posljedicu ima opstrukciju pasaže gastričnog sadržaja. HSP se javlja kod 2 do 5 novorođenih od hiljadu, četiri puta češće kod muškaraca²⁷. HSP se češće javlja kod prvorodne muške djece i u porodicama sa familijarnom predispozicijom²⁸. Devedeset pet procenata HSP-a se manifestuje između 3 i 12 nedjelje života, najčešće u 4. nedjelji. Vrlo rijetko HSP susrećemo kod pacijenata mlađih od 10 dana²⁹. Nekada je HSP bila udružena sa visokom stopom mortaliteta ali je nakon uvođenja pilorotomije dramatično opala tako da danas iznosi manje od 2 %³⁰.

HSP se u početku manifestuje kao intermitentno povraćanje bez žučnog sadržaja što se često pogrešno shvati kao posljedica gastroezofagealnog refluksa³¹. Hipertrofija mišićnog sloja može dalje da dovede do potpune opstrukcije želuca koja za posljedicu ima snažno povraćanje u mlazu nakon svakog obroka. Djeca sa HSP-om izgledaju kao potpuno zdrava djeca, s tim što odlaganje donošenja prave dijagnoze može dovesti do

dehidracije, disbalansa elektrolita i gubitka tjelesne težine. Klinički je veoma važno odrediti da li dijete povraća bilijarni sadržaj ili ne. Prisustvo žuči u povraćenom sadržaju ukazuje na distalniju opstrukciju gastrointestinalne cijevi uključujući marotaciju i volvulus što može imati vrlo ozbiljne posljedice ukoliko se ne prepozna na vrijeme.

Ultrazvuk je metoda izbora kod pedijatrijskih pacijenata sa sumnjom na HSP. Ultrazvuk, za razliku od drugih radioloških modaliteta omogućuje dinamičku analizu peristaltike piloričnog kanala.

Neophodno je da ultrazvučni pregled bude što je više moguće komforan za dijete. To možemo postići između ostalog i na taj način što ćemo prije početka pregleda gel ugrijati na tjelesnu temperaturu. Ukoliko je moguće pregled treba izvesti nakon obroka pacijenta i u prisustvu roditelja. Za pregled trebamo koristiti sondu visoke frekvencije (6-10 MHz) koja svojim dizajnom odgovara anatomiji djeteta³². Prvi korak je identifikacija pilorusa. Najjednostavnije je u poziciji supinacije pozicionirati sondu transversalno i identifikovati žučnu kesu. Pylorus se uobičajeno nalazi medijalno i posteriorno u odnosu na žučnu kesu. Drugi korak je analiza i mjerenje pilorusa. Normalan mišićni sloj pilorusa je najčešće hipoehogen, debljine do 2 mm. Ne smije se zaboraviti da tangencijalni presjek i kontrakcije pilorusa mogu izgledati kao pseudozadebljanje. Treći korak ultrazvučnog pregleda je vizuelizacija pasaže gastričnog sadržaja. Dinamička analiza je esencijalna jer široko otvoren pilorus sa normalnom pasažom gastričkog sadržaja u potpunosti isključuje dijagnozu HSP-a.

Najčešći problem u ultrazvučnoj dijagnostici HSP-a je prisustvo gasa u želucu. Najlakši način da se ovaj problem minimizira je postavljanje pacijenta u kosu poziciju sa desnom stranom tijela naniže što će omogućiti da tečnost ispuni antrum koji će služiti kao akustični prozor. Ponekad izrazito distendiran želudac može da potisne pilorus dorzalno što može znatno da oteža njegovo ultrazvučno prikazivanje. U takvim slučajevima je korisno postavljanje pacijenta u kosu poziciju sa lijevom stranom tijela naniže.

Ne smije se zaboraviti da je normalan pilorus znatno teže vizuelizirati nego hipertrofitisan.

Glavni ultrazvučni kriterijum u dijagnostici HSP-a je debljina mišićnog sloja pilorusa preko 3 mm³³. Dodatni kriterijum je elongacija piloričnog kanala preko 12 mm³⁴ (Slika 7). Ultrazvučno mjerenje dužine pilorusnog kanala može biti veoma zahtjevno tako da se ovaj kriterijum smatra manje pouzdanim u dijagnozi HSP-a³⁵. U ranijoj literaturi hipertrofitisani pilorus se ultrazvučno opisivao kao znak cerviksa jer izgledom podsjeća na cerviks uterusa³⁶ (Slika 8).

Slika 7.



HSP, longitudinalni ultrazvučni prikaz: uočava se zadebljao mišićni sloj pilorusa debljine preko 3 mm te elongacija piloričnog kanala preko 12 mm.

Slika 8.



HSP, znak cerviksa: Hipertrofična stenozna pilorusa svojim izgledom podsjeća na ultrazvučni prikaz cerviksa uterusa.

Zadebljanje pilorus može biti i tranzijentno kao posljedica peristaltike ili pilorospazma. U takvim slučajevima neophodna je prolongirana dinamička ultrazvučna analiza koja bi u slučaju pilorospazma u jednom trenutku trebala pokazati otvaranje pilorusa. Ukoliko je mišićni sloj debeo 2-3 mm i ne pokazuje znake relaksacije tokom ultrazvučnog pregleda preporučuje se ponovni pregled nakon nekoliko sati.

HSP se liječi hiruški, pilorotomijom. Ukoliko povraćanje perzistira i nakon operacije moguće je uraditi kontrolni ultrazvučni pregled, s tim što moramo znati da pilorusni mišić može ostati zadebljan nakon uspješne operacije i da je potrebno čak do 5 mjeseci da povrati svoju normalnu debljinu.

Zaključak

Ultrazvuk je veoma važan dijagnostički modalitet u evaulaciji hitnih netraumatskih abdominalnih pedijatrijskih stanja. Odsustvo jonizujućeg zračenja, mogućnost dinamičke analize peristaltike, dostupnost i niska cijena pregleda čine ultrazvuk idealnim modalitetom za pregled pedijatrijskih pacijenata. Svaki radiolog koji se u svojoj kliničkoj praksi susreće sa pedijatrijskim pacijentima bi morao poznavati ultrazvučnu dijagnostiku akutnog apendicitisa, intususcepcije i HSP .

Literatura:

1. Vasavada P. Ultrasound evaluation of acute abdominal emergencies in infants and children. Radiol Clin North Am 2004;42(2):445-456.
2. Doria AS, Moineddin R, Kellenberger CJ, et al. US or CT for diagnosis of appendicitis in children and adults? a meta-analysis. Radiology 2006;241(1): 83-94.
3. Addiss DG, Shaffer N, Fowler BS et al. The epidemiology of appendicitis and appendectomy in the United States. Am J Epidemiol 1990; 132: 910-925.

4. Schwartz SI . Appendix. In Schwartz SI ed. Principles of surgery. 6th edition. New York, McGraw Hill 1994:1307-18.
5. Koepsell TD. In the search of the causes of appendicitis. *Epidemiology* 1991; 2:319-
6. Wangenstein OH, Dennis C, Experimental proof of the obstructive origin of appendicitis in man. *Ann Surg* 1939;39: 362-442.
7. Dymock RB. Pathologic changes in the appendix : a review of 1000 cases. *Pathology* 1977;9: 331-339.
8. Jones BA, Demetriades D, Segal I, et all .The prevalence of appendiceal fecaliths in patients with and without appendicitis : a comparative study from Canada and South Africa. *Ann Surg* 1985;202:80-82.
9. Green SM, Schmidt SP, Rothrock SG et all .Delayed appendicitis from an ingested foreign body. *Am J Emerg Med* 1994; 12:53-56
10. Hermans JJ, Hermans AL, Risseeuw GA et all. Appendicitis caused by carcinoid tumor. *Radiology* 1993; 188:71-72
11. Zebrowska G, Walsh NM, Human immunodeficiency virus-related Kaposi sarcoma of the appendix and acute appendicitis: report of a case and review of the literature. *Arch Pathol Lab Med* 1991;115:1157-1160
12. Chen SC, Chen KM, Wang SM et all. Abdominal sonography screening of clinically diagnosed or suspected appendicitis before surgery. *World Journal Surgery* 1998; 22(5): 449-52
13. Sallin K. Rothrock SG .Diagnosis of acute appendicitis: increasing accuracy, improving outcome, and decreasing liability. *Journal of the Florida Medical Association* 1997; 84(9): 543-8.
14. Silen W. Acute appendicitis. In: Fauci AS, Braunwald E, Isselbacher KJ et al., eds *Harrison's principles of internal medicine*. 14th ed. New York, NY: McGraw-Hill, 1998; 1658-1660.
15. Kessler N, Cyteval C, Gallix B, et al. Appendicitis: evaluation of sensitivity, specificity, and predictive values of US, Doppler US, and laboratory findings. *Radiology* 2004;230(2):472-478.
16. Alaadeen DI, Cook M, Chwals WJ. Appendiceal fecalith is associated with early perforation in pediatric patients. *J Pediatr Surg* 2008;43(5):889-892
17. Munden MM, Bruzzi JF, Coley BD, Munden RF. Sonography of pediatric small-bowel intussusception: differentiating surgical from nonsurgical cases. *AJR Am J Roentgenol* 2007;188(1):275-279.
18. Del-Pozo G, Albillos JC, Tejedor D, et al. Intussusception in children: current concepts in diagnosis and enema reduction. *RadioGraphics* 1999;19(2): 299-319.
19. Hryhorczuk AL, Lee EY . Imaging evaluation of bowel obstruction in children: updates in imaging techniques and review of imaging findings. *Semin Roentgenol* 2012;47(2):159-170
20. Okimoto S, Hyodo S, Yamamoto M et al. Association of viral isolates from stool samples with intussusception in children. *Int J Infect Dis* 2011;15(9):e641-e645
21. Yasar Ayaz U, Dilli A, Ayaz S et al. Ultrasonographic findings of intussusception in pediatric cases. *Med Ultrasonogr* 2011; 13(4):272-276
22. Sorantin E, Lindbichler F Management of intussusception. *Eur Radiol* 2004; 14(Suppl 4):L146-L154
23. Applegate KE . Intussusception in children: imaging choices. *Semin Roentgenol* 2008;43(1):15-21
24. Edwards EA, Pigg N, Courtier J, et al. Intussusception: past, present and future. *Pediatr Radiol*. 2017 47; 9: 1101-1108
25. Niramis R, Watanatittan S, Kruatrachue A, et al. Management of recurrent intussusception: nonoperative or operative reduction? *J Pediatr Surg* 2010;45 (11):2175-2180

26. Ohshiro K, Puri P Pathogenesis of infantile hypertrophic pyloric stenosis: recent progress. *Pediatr Surg Int* 1998; 13:43–252
27. Fischer JE, Bland KI. *Mastery of surgery*. Lippincott Williams & Wilkins. (2007) ISBN:078177165X
28. Hernanz-Schulman M. Infantile hypertrophic pyloric stenosis. *Radiology* 2003;227(2):319–331.
29. Helton KJ, Strife JL, Warner BW, Byczkowski TL, Donovan EF. The impact of a clinical guideline on imaging children with hypertrophic pyloric stenosis. *Pediatr Radiol* 2004;34(9):733–736
30. Hernanz-Schulman M. Infantile hypertrophic pyloric stenosis. *Radiology* 2003;227(2):319–331
31. Hernanz-Schulman M, Berch BR, Neblett WW. Imaging of infantile hypertrophic pyloric stenosis (IHPS). In: Medina LS, Applegate KE, Blackmore CC, eds. *Evidence-based imaging in pediatrics: improving the quality of imaging in patient care*. New York, NY: Springer, 2009; 447–457.
32. Hernanz-Schulman M. Infantile hypertrophic pyloric stenosis. *Radiology* 2003 :227:319–331
33. O’Keeffe FN, Stansberry SD, Swischuk LE, Hayden CK (1991) Antropiloric muscle thickness at US in infants: what is normal. *Radiology* 178:827–830
34. Reed AA, Michael K. Hypertrophic pyloric stenosis. *J Diagn Med Sonography* 2010; 26:157–160
35. Blumhagen JD, Maclin L, Krauter D, Rosenbaum DM, Weinberger E. Sonographic diagnosis of hypertrophic pyloric stenosis. *AJR Am J Roentgenol* 1988. 150:1367–1370
36. Haller JO, Cohen HL. Hypertrophic pyloric stenosis: diagnosis using US. *Radiology* 1986;161:335–339