

Minder onterechte appendectomie door echografie en CT

Marjolein M.N. Leeuwenburgh, Olaf J. Bakker, Michiel P. Gorzeman, Thomas L. Bollen, Cees A. Seldenrijk en Peter M.N.Y.H. Go

- DOEL** Het onderzoeken van de invloed van de implementatie van echografie met optionele CT en diagnostische laparoscopie op het percentage negatieve appendectomieën bij patiënten met verdenking op appendicitis acuta.
- OPZET** Prospectief en vergelijkend met een historische controlegroep.
- METHODE** Na introductie van beeldvorming met echografie als eerste stap werd de uitkomst van alle patiënten met verdenking op appendicitis die zich presenteerden op de Spoedeisende Hulp (SEH) prospectief geregistreerd gedurende een periode van 18 maanden (juli 2006-december 2007). Resultaten werden vergeleken met retrospectief verzamelde data van alle patiënten bij wie in 2001 een appendectomie werd verricht vanwege appendicitis acuta vóór de implementatie van dit beeldvormend onderzoek.
- RESULTATEN** Van 312 opeenvolgende patiënten op de SEH met verdenking op appendicitis acuta werd bij 51 appendicitis uitgesloten na klinisch en laboratoriumonderzoek. Het diagnostisch traject werd bij 239 van de 261 patiënten (92%) toegepast. Bij 75 patiënten (31%) volgde na echografie CT en bij 12 patiënten (5%) een diagnostische laparoscopie. 130 patiënten ondergingen een appendectomie, bij wie 8 appendices (6%) bij pathologisch onderzoek sanae waren. Vóór de implementatie van deze preoperatieve beeldvorming waren 36 van de 170 appendices (21%) sanae. Na introductie van beeldvormende diagnostiek volgens de richtlijn daalde het percentage negatieve appendectomieën significant (21% versus 6%; $p < 0,001$). Het totale aanvullende diagnostisch traject had een positief- en negatief-voorspellende waarde van respectievelijk 90% en 98% voor acute appendicitis.
- CONCLUSIE** Structurele toepassing van echografie met optionele CT en diagnostische laparoscopie bij patiënten met verdenking op appendicitis acuta resulteerde in een lager percentage negatieve appendectomieën.

Preoperatieve beeldvorming in de diagnostiek van appendicitis acuta heeft de afgelopen jaren terrein gewonnen.¹ Zowel echografie als CT hebben een hoge gerapporteerde sensitiviteit en specificiteit voor appendicitis.^{2,3} Structurele toepassing van beeldvorming kan mogelijk resulteren in een daling van het percentage negatieve appendectomieën, dat wil zeggen appendectomieën waarbij de appendix achteraf niet afwijkend is (appendix sana).⁴ Desondanks vindt de preoperatieve beeldvorming nog weinig navolging in de Nederlandse klinieken.⁵

Nieuw diagnostisch traject Eén van de doelstellingen van de nieuwe 'Richtlijn diagnostiek en behandeling van acute appendicitis' (<http://nvvh.artsennet.nl/web/file?uuid=bbf48031-1947-4564-abd7-decaa349a032&owner=65fc1005-a588-4b39-909d-4f67a3659818>) is het verlagen van het aantal negatieve, dus onnodige appendectomieën. De richtlijncommissie is van mening dat, door de ruime beschikbaarheid van echografie en CT, een van oudsher geaccepteerd percentage negatieve appendectomieën van ongeveer 20% niet meer te verdedigen is.⁶ Op basis van de resultaten van de Nederlandse 'Optimization of diagnostic imaging use in patients with acute abdominal pain' (OPTIMA)-studie,⁷ heeft de richtlijncommissie een diagnostisch traject ontworpen. In dit diagnostisch traject is echografie als eerste beeldvormend onderzoek opgenomen.

Sint Antonius ziekenhuis, Nieuwegein.

Afd. Heelkunde: drs. M.M.N. Leeuwenburgh, arts-assistent chirurgie (thans: arts-onderzoeker AMC

Amsterdam, afd. Radiologie/Chirurgie);

dr. P.M.N.Y.H. Go, chirurg.

Afd. Radiologie: dr. T.L. Bollen, radioloog.

Afd. Pathologie: dr. C.A. Seldenrijk, patholoog.

Universitair Medisch Centrum Utrecht, Utrecht,

afd. Heelkunde: drs. O.J. Bakker, arts in opleiding

tot chirurg (thans: Jeroen Bosch ziekenhuis,

's-Hertogenbosch, afd. Heelkunde).

Onze Lieve Vrouwe Gasthuis, Amsterdam,

afd. Spoed Eisende Hulp;

drs. M.P. Gorzeman, SEH-arts.

Contactpersoon: dr. P.M.N.Y.H. Go

(go@antoniuziekenhuis.nl)

CT heeft een hogere diagnostische accuratesse dan echografie voor de diagnose 'appendicitis acuta'.³ Echter, door de stralenbelasting, gebruik van intraveneus contrast en de hogere kosten van CT verdient echografie de voorkeur als primair diagnosticum. In de nieuwe aanbevelingen kan de diagnostiek na echografie eventueel aangevuld worden door CT of door een diagnostische laparoscopie. In dit artikel presenteren wij de resultaten van dit voorgestelde diagnostische traject na introductie daarvan in het Sint Antonius ziekenhuis in Nieuwegein.

PATIËNTEN EN METHODE

Patiënten We registreerden de gegevens van alle opeenvolgende patiënten die zich vanwege een verdenking op acute appendicitis meldden op de Spoedeisende Hulp (SEH) van het Sint Antonius ziekenhuis te Nieuwegein, en wel prospectief gedurende een periode van 18 maanden (juli 2006-december 2007). Na klinische beoordeling door de arts-assistent chirurgie of de SEH-arts werd bij alle patiënten met verdenking op appendicitis acuta echografie verricht, zoals voorgesteld in het diagnostisch traject van de 'Richtlijn diagnostiek en behandeling van acute appendicitis'. Na een inconclusieve of negatieve echo-uitslag werd optioneel CT verricht. Bij 29 patiënten was er enige overlap in de zin dat zij in het kader van de OPTIMA-studie zowel echografie als CT ondergingen.⁷ De uitkomsten bij de patiënten werden vergeleken met een historische controlegroep.

Aanvullende diagnostiek en besluit tot appendectomie Als eerste stap in het diagnostisch traject verrichtten arts-assistenten radiologie de echografieën met het IU22-apparaat (Philips Medical Systems, Nederland), tijdens kantooruren en onder supervisie van een radioloog. Criteria die leidden tot de echografische diagnose 'appendicitis acuta' waren een niet-comprimeerbare, blind eindigende tubulaire structuur uitgaande van de coecumpool met een diameter van 6 mm of meer en met eventueel aanwezigheid van secundaire kenmerken, zoals een appendicoliet, periappendiculair vocht of een infiltraat.⁸ Wanneer de appendix niet in zijn geheel kon worden gevisualiseerd, werd het onderzoek als inconclusief, dat wil zeggen niet-diagnostisch beschouwd. Een volledig gevisualiseerde niet-afwijkende appendix werd afgegeven als 'negatieve echografie'.

Na een inconclusieve of een negatieve echo-uitslag werd optioneel aanvullend CT verricht (MX8000IDT; Philips Medical Systems, Nederland) na toediening van jodiumhoudend contrastmiddel. CT-kenmerken van appendicitis acuta zijn een met vocht gevulde gedilateerde appendix met een diameter van 6 mm of meer en met versterkte contrastaanvulling, een verdikte wand (> 3 mm) en eventueel aanwezigheid van een appendicoliet,

periappendiculair vocht of een infiltraat.⁹

Diagnostische laparoscopie Bij kinderen en zwangere vrouwen werd vanwege de stralenbelasting en de daarmee samenhangende toegenomen kans op maligniteit, na een inconclusieve of negatieve echografie een diagnostische laparoscopie verricht.¹⁰ Indien er bij de overige patiënten na klinisch en radiologisch onderzoek nog steeds twijfel over de aanwezigheid van appendicitis bestond, verrichtte de chirurg een diagnostische laparoscopie. Bestond er na klinisch en radiologisch onderzoek geen twijfel over de aanwezigheid van appendicitis, werd direct een appendectomie uitgevoerd.

Appendectomie De voorkeur van de operateur bepaalde de keuze voor een laparoscopische appendectomie of een appendectomie via een wisselsnede. De chirurg liet de appendix in situ wanneer deze bij laparoscopie niet ontstoken bleek. Dit gold voor zowel de prospectieve groep als voor de historische controlegroep.

De uiteindelijke diagnose 'appendicitis acuta' werd vastgesteld door pathologisch onderzoek van de appendix. Histologisch criterium voor acute appendicitis was leukocytaire infiltratie door de gehele wand van de appendix of pus in het lumen,¹¹ en dit criterium veranderde niet tussen beide studieperiodes. De diagnose 'appendicitis perforata' werd gebaseerd op peroperatieve waarneming.

Uitkomst voordat aanvullende diagnostiek werd ingevoerd Het percentage negatieve appendectomieën en geperforeerde appendicitiden na introductie van het diagnostisch traject werd vergeleken met retrospectief verzamelde gegevens van alle opeenvolgende patiënten die een appendectomie ondergingen vanwege appendicitis acuta vóór de invoering van aanvullende beeldvorming in het Sint Antonius ziekenhuis.

Statistische analyse De χ^2 -toets werd gebruikt om proporties tussen groepen te vergelijken (SPSS, versie 15.0, Chicago, Ill, USA). Bevindingen werden als significant beschouwd als $p < 0,05$. Voor het berekenen van diagnostische accuratesse werd een inconclusieve echo-uitslag als negatief beschouwd.⁷

RESULTATEN

Resultaten na het gebruik van beeldvorming In de periode 1 juli 2006-31 december 2007 werden 312 opeenvolgende patiënten (156 mannen (50%)), met een leeftijd van 3-93 jaar op de SEH van het Sint Antonius ziekenhuis te Nieuwegein beoordeeld vanwege verdenking op acute appendicitis. Bij 51 patiënten (16%) werd op grond van anamnese, lichamelijk en laboratoriumonderzoek acute appendicitis uitgesloten. Patiënten in deze groep hadden geen van allen koorts (gemiddelde lichaamstemperatuur 37,0°C; 95%-BI: 36,8-37,1) en lage uitkomsten van ontste-

kingsparameters: gemiddelde leukocytengetal: $8,6 \times 10^9/l$ (95%-BI: 7,6-9,6); gemiddelde concentratie C-reactieve proteïne (CRP): 9 mg/l (95%-BI: 6-12). Zij werden naar huis ontslagen en bij aanhoudende klachten de volgende dag herbeoordeeld; geen van hen werd geopereerd wegens appendicitis (figuur).

Van de overige 261 patiënten werd bij 239 volgens protocol eerst echografie verricht. 22 patiënten ondergingen een afwijkend diagnostisch traject: bij 9 werd direct CT verricht, bij 6 diagnostische laparoscopie en bij 7 patiënten werd direct overgegaan tot appendectomie. Bij geen van de patiënten in deze groep werd overigens een appendix sana verwijderd.

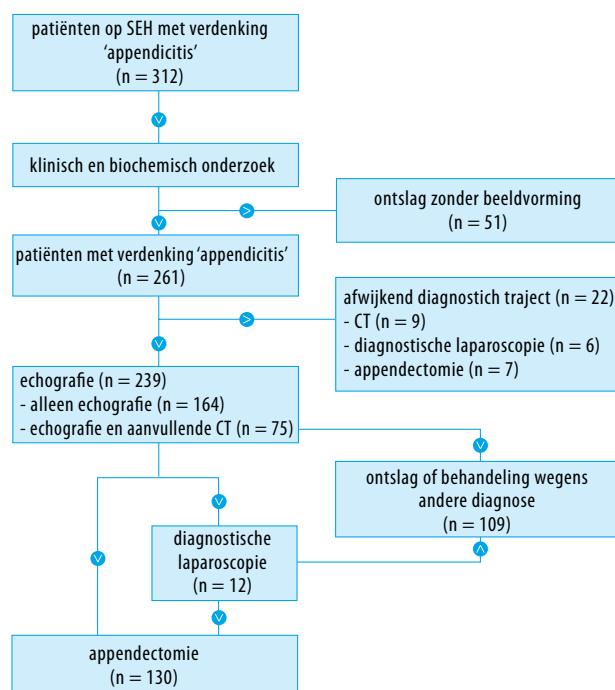
De echografie was bij 122 van de 239 patiënten (51%) positief, bij 84 (35%) inconclusief en bij 33 (14%) negatief voor appendicitis. Na de echografie werd aanvullend CT verricht bij 75 van de 239 patiënten (31%): bij 47 patiënten met een inconclusieve echografie en bij 9 met een negatieve. Bij de overige 19 was de echografie weliswaar al positief, zodat aanvullende CT op zich niet nodig was, maar deze patiënten behoorden grotendeels tot de reeds genoemde overlap met de OPTIMA-studie. Met echografie werd bij 31 patiënten een alternatieve diagnose gesteld, met CT bij 38. Diverticulitis was hiervan de meest voorkomende (tabel 1). Diagnostische laparoscopie

TABEL 1 Alternatieve diagnoses bij beeldvormend onderzoek van patiënten die op de SEH kwamen met verdenking van appendicitis acuta, gevonden bij 31 van 239 echografieën en 38 van 75 CT-scans*

	totaal
diverticulitis	13
afwijkingen van de adnexit	10
ileitis terminalis	7
lymfadenitis mesenterica	7
colitis	4
cholecystitis	3
dunnedarmperforatie	3
coloncarcinoom	2
darmischemie	2
appendicitis epiploica	1
omentum-infarct	1
lymfroom	1
endolekkage van een aneurysma aortae abdominalis	1
totaal	55

* Bij sommige patiënten werd zowel echografie en CT verricht; vanwege overlappende bevindingen staan hier slechts de definitieve alternatieve diagnoses.

† Waaronder tubo-ovariële abcdering, tumor, ovulatiebloeding, ontsteking in kleine bekken/adnex.



FIGUUR Diagnostisch traject bij 312 patiënten met verdenking op appendicitis acuta na presentatie op de Spoedeisende Hulp (SEH).

na inconclusieve beeldvorming werd verricht bij 12 (5%) patiënten.

Bij 130 patiënten, die als eerste aanvullend onderzoek echografie ondergingen, werd een appendectomie verricht. Hiervan werd bij 59 patiënten de appendix laparoscopisch verwijderd, bij 7 patiënten na conversie van laparoscopie naar een open procedure en bij 64 patiënten via een wisselsnede. Bij 8 patiënten werd na laparoscopie afgezien van appendectomie vanwege een macroscopisch niet-afwijkende appendix.

Pathologisch onderzoek toonde appendicitis acuta bij 122 patiënten (94%) en bij 8 patiënten een appendix sana (6%). Bij 20 patiënten (15%) was er peroperatief sprake van een geperforeerde appendix.

Accuratesse van aanvullende diagnostiek Resultaten van echografie alleen, van beeldvorming (echografie met optionele CT) en van het gehele diagnostisch traject (beeldvorming, eventueel aangevuld door diagnostische laparoscopie) zijn weergegeven in tabel 2. Het besluit tot appendectomie werd grotendeels gebaseerd op de resultaten van aanvullend onderzoek door middel van CT of diagnostische laparoscopie, of op verslechtering van de klinische toestand. Er waren 84 patiënten met inconclusieve ofwel niet-diagnostische echografie; daarvan bleken 18 patiënten (21%) toch een appendicitis te hebben. Bij de 33 patiënten met een negatieve echografie werden er uiteindelijk nog 3 (9%) ontstoken appendices verwijderd. De

TABEL 2 Resultaten van aanvullende diagnostiek bij 239 patiënten die op de SEH kwamen met verdenking van appendicitis acuta, in vergelijking met de uiteindelijke pathologiediagnose bij de 130 patiënten die appendectomie ondergingen

onderzoeksuitslag	conclusie		totaal
	appendicitis*	geen appendicitis	
na echografie			
positief	101	21	122
inconclusief/negatief	21	96	117
totaal	122	117	239
na echografie met optionele CT			
positief	113	15	128
inconclusief/negatief	9	102	111
totaal	122	117	239
na echografie met optionele CT en/of diagnostische laparoscopie			
positief	120	13	133
inconclusief/negatief	2	104	106
totaal	122	117	239

*Vastgesteld bij pathologisch onderzoek na appendectomie.

positief- en negatief-voorspellende waarde van echografie was respectievelijk 83% en 82% (namelijk respectievelijk 101/122 en 96/117), van alle diagnostische mogelijkheden samen was dit respectievelijk 90 en 98% (namelijk respectievelijk 120/133 en 104/106).

Resultaten voordat aanvullende beeldvorming werd ingevoerd De retrospectieve groep bestond uit 170 patiënten (83 mannen (49%)) met een leeftijd variërend van 4-80 jaar, bij wie vanwege verdenking op acute appendicitis in 2001 een appendectomie werd verricht. Bij geen van de patiënten werd appendectomie voorafgegaan door preoperatieve beeldvormende diagnostiek. Bij 67 patiënten (39%) werd diagnostische laparoscopie verricht alvorens over te gaan tot appendectomie. Door de retrospectieve opzet van deze studieperiode was het niet bekend hoe vaak afgezien werd van appendectomie na diagnostische laparoscopie. Bij 36 patiënten bleek er bij histologisch onderzoek sprake van een appendix sana, resulterend in een percentage negatieve appendectomieën van 21%.

Vergeleken met deze periode vóór de invoering van de aanvullende beeldvormende diagnostiek, daalde het percentage negatieve appendectomieën na invoering van het diagnostisch traject van 21% naar 6% ($p < 0,001$) (tabel 3). Het aantal perforaties was niet-significant verminderd: van 18% in 2001 tot 15% na invoering van het huidige diagnostisch traject ($p = 0,515$).

BESCHOUWING

Introductie van beeldvormende diagnostiek bij patiënten met verdenking op appendicitis acuta, met als eerste stap echografie, daarna optioneel aangevuld met CT of een diagnostische laparoscopie, leidde in ons onderzoek tot een significante reductie van het aantal onterecht verwijderde gezonde appendices, namelijk van 21 naar 6%, vergeleken met een historische controlegroep. Onze studie toonde dat deze verschillende diagnostische onderzoeken tezamen tot een hoge accuratesse kunnen leiden. Door structureel gebruik van echografie als initieel onderzoek werd het gebruik van CT beperkt tot 31% van de patiënten met verdenking op appendicitis. Vervolgens werd na echografie en CT bij slechts 3% (8/239) van de patiënten een negatieve laparoscopie verricht.

De resultaten van de huidige studie ondersteunen het diagnostisch traject zoals voorgesteld in de 'Richtlijn diagnostiek en behandeling van acute appendicitis'.

Uit de literatuur blijkt dat echografie minder accuraat is dan CT.^{2,3} Echter, het structurele gebruik van CT heeft een aantal belangrijke bezwaren, zoals de hogere kosten, het onwenselijk effect van stralenbelasting en het toedienen van intraveneus contrast (met risico op contrast allergie en contrastnefropathie). Desondanks wordt vooral in de Verenigde Staten CT structureel toegepast bij patiënten met verdenking acute appendicitis.⁴ In Europa wordt vaker echografie als primaire diagnostiek ingezet om het aantal CT-scans beperkt te houden. Deze strategie werd in 2 recente studies toegepast.^{12,13} De resultaten tonen een hoge diagnostische accuratesse met een laag percentage negatieve appendectomieën van 2-8%, hetgeen overeenkomt met onze studie. Er werd gebruik gemaakt van aanvullende CT bij 13-40% van de patiënten,

TABEL 3 Negatieve appendectomieën en geperforeerde appendicitiden vóór en na de implementatie van een nieuw diagnostisch traject bij patiënten met verdenking op appendicitis acuta*

	vóór implementatie van het nieuw diagnostisch traject	na implementatie van het nieuw diagnostisch traject	p
totaal aantal appendectomieën	170	130	
appendix sana† (%)	36 (21)	8 (6)	< 0,001
appendicitis perforata‡ (%)	31 (18)	20 (15)	0,515

* Het nieuw diagnostisch traject had als eerste stap echografie, daarna optioneel aangevuld met CT of een diagnostische laparoscopie.

† Bij pathologisch onderzoek.

‡ Bij peroperatieve waarneming.

LEERPUNTEN

- **Aanvullende beeldvormende diagnostiek heeft een hoge accurate voor het vaststellen van appendicitis acuta. Aanvullende beeldvorming bij patiënten met verdenking op appendicitis acuta wordt echter niet breed toegepast in Nederland.**
- **Implementatie van een aanvullend diagnostisch traject bestaande uit echografie, zo nodig aangevuld met CT en diagnostische laparoscopie resulteerde in een hoge accurate voor de diagnose 'acute appendicitis' en een passend laag percentage negatieve appendectomieën.**

hetgeen vergelijkbaar is met onze 31%. Een belangrijk voordeel van structureel gebruik van echografie bij een patiënt met verdenking op appendicitis is derhalve dat niet altijd CT verricht hoeft te worden om een hoge accurate van preoperatieve diagnostiek te verkrijgen.

Het visualiseren van de appendix bij echografie wordt bemoeilijkt door gashoudende darmdelen, adipositas en een retrocaecale ligging. Wij vonden een relatief hoog percentage inconclusieve echografieën (35%) vergeleken met recente literatuur (19-27%).^{7,12} Wellicht komt dit doordat wij de echografische bevindingen als inconclusief beschouwden wanneer de appendix niet à vue kwam, ondanks aanwezigheid van secundaire kenmerken (appendicoliet, periappendiculair vocht of infiltraat). Daarnaast is uit recent onderzoek gebleken dat de sensitiviteit voor appendicitis bij echografie en CT lager is wanneer de beoordeling plaatsvindt door arts-assistenten radiologie, zoals in de onze studie het geval was.^{7,14}

Beperkingen van dit onderzoek Een beperking van deze studie is dat niet alle inconclusieve echografieën werden gevolgd door een aanvullende CT. De studie was observationeel en pragmatisch opgezet. Bij een aantal patiënten ging men na een inconclusieve echografie meteen over tot appendectomie. Desalniettemin werd een hoge diagnostische accurate bereikt.

Bij een klein gedeelte van de patiënten met verdenking op appendicitis werd na klinisch en biochemisch onderzoek niet het voorgestelde diagnostisch traject gevolgd. Bij retrospectie waren geen eenduidige argumenten te achterhalen waarom er bij deze patiënten werd afgeweken van dit diagnostisch traject. Doordat 92% van alle patiënten met verdenking appendicitis acuta het diagnostisch traject wel doorliep, beschouwden wij de uitkomst van de implementatie representatief voor de gehele populatie patiënten die zich met verdenking appendicitis op de SEH presenteerde.

Tijdens de retrospectieve onderzoeksperiode werd geen beeldvorming verricht. De data lieten zien dat klinische beoordeling ondersteund door laboratoriumonderzoek een lage positief-voorspellende waarde had van 79% en derhalve leidde tot een hoog aantal onnodig verwijderde appendices (21%).

Wanneer beeldvorming onvoldoende diagnostische zekerheid biedt, of wanneer er een relatieve contra-indicatie bestaat voor CT zoals bij jonge kinderen, zwangere

vrouwen of patiënten met contrastallergie, dan is diagnostische laparoscopie een goed alternatief gebleken.¹⁵ Echter non-invasieve beeldvorming verdient de voorkeur om onnodige chirurgie te voorkomen.

In de historische controlegroep was de diagnostische laparoscopie het enige aanvullend diagnosticum. Uit de gegevens van deze groep is bij retrospectie niet op te maken hoeveel laparoscopieën werden verricht waarbij de appendix in situ werd gelaten. Op basis van ons onderzoek was het derhalve niet mogelijk om te oordelen over het verschil in percentage terechte/onterechte ingrepen tussen beide studieperiodes, maar wel over het verschil in terechte/onterechte appendectomieën.

CONCLUSIE

Structurele toepassing van echografie zo nodig aangevuld met CT en diagnostische laparoscopie bij patiënten met verdenking appendicitis acuta resulteerde in een hoge nauwkeurigheid voor de diagnose 'appendicitis acuta'. Landelijke implementatie van het diagnostisch traject zoals voorgesteld in de 'Richtlijn diagnostiek en behandeling van acute appendicitis' zal het aantal onnodige appendectomieën kunnen verminderen.

Belangenconflict: geen gemeld. Financiële ondersteuning: geen gemeld.

Aanvaard op 22 oktober 2009

Citeer als: Ned Tijdschr Geneeskd. 2010;154:A869

[➤ Meer op www.ntvg.nl/onderzoek](http://www.ntvg.nl/onderzoek)

LITERATUUR

- 1 Flum DR, Morris A, Koepsell Th, Dellinger EP. Has misdiagnosis of appendicitis decreased over time?: A population-based analysis. *JAMA*. 2001;286:1748-53.
- 2 Doria AS, Moineddin R, Kellenberger CJ, Epelman M, Beyene J, Schuh S, et al. US or CT for diagnosis of appendicitis in children and adults? A meta-analysis. *Radiology*. 2006;241:83-94.
- 3 Randen A van, Bipat S, Zwinderman AH, Ubbink DT, Stoker J, Boermeester MA. Acute appendicitis: meta-analysis of diagnostic performance of CT and graded compression US related to prevalence of disease. *Radiology*. 2008;249:97-106.
- 4 Raman SS, Osuagwu FC, Kadell B, Cryer H, Sayre J, Lu DSK. Effect of CT on false positive diagnosis of appendicitis and perforation. *N Engl J Med*. 2008;358:972-3.
- 5 Cobben LP, Bakker OJ, Puylaert JBCM, Kingma LM, Blickman JG. Imaging of patients with clinically suspected appendicitis in the Netherlands; conclusions of a survey. *Br J Radiol*. 2009;82:482-5.
- 6 Velanovich V, Satava R. Balancing the normal appendectomy rate with the perforated appendicitis rate: implications for quality assurance. *Am Surg*. 1992;58:264-9.
- 7 Laméris W, Randen A van, Es WH van, Heesewijk JPM van, Ramshorst B van, Bouma WH, et al. Imaging strategies for detection of urgent conditions in patients with acute abdominal pain: diagnostic accuracy study. *BMJ*. 2009;338:b2431.
- 8 Puylaert JBCM, Rutgers PH, Lalisang RI, Vries BC de, Werf SD van der, Dörr JP, et al. A prospective study of ultrasonography in the diagnosis of appendicitis. *N Engl J Med*. 1987;317:666-9.
- 9 Rybkin AV, Thoeni RF. Current concepts in imaging of appendicitis. *Radiol Clin North Am*. 2007;45:411-22.
- 10 Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography—an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med*. 2007 Nov 29;357:2277-84.
- 11 Marudanayagam R, Williams GT, Rees BI. Review of the pathological results of 2660 appendectomy specimens. *J Gastroenterol*. 2006;41:745-9.
- 12 Poortman P, Oostvogel HJ, Bosma E, Lohle PN, Cuesta MA, Lange-de Klerk ES de, et al. Improving diagnosis of acute appendicitis: results of a diagnostic pathway with standard use of ultrasonography followed by selective use of CT. *J Am Coll Surg*. 2009;208:434-41.
- 13 van BredaVriesman AC, Kole BJ, Puylaert JBCM. Effect of ultrasonography and optional computed tomography on the outcome of appendectomy. *Eur Radiol*. 2003;13:2278-82.
- 14 Hof KH, Krestin GP, Steijerberg EW, Bonjer HJ, Lange JF, Becking WB, et al. Interobserver variability in CT scan interpretation for suspected acute appendicitis. *Emerg Med J*. 2009;26:92-4.
- 15 Sauerland S, Lefering R, Neugebauer EA. Laparoscopic versus open surgery for suspected appendicitis [Cochrane review]. *Cochrane Database Syst Rev*. 2004;4:CD001546.