

Analisi delle immagini: 2D vs 3D

Emanuele Neri, Francesca Cerri, Carlo Bartolozzi

Introduzione

Le immagini acquisite durante l'esame di colonscopia virtuale (CV) possono essere elaborate con software dedicati che consentono sostanzialmente la visualizzazione 2D e la ricostruzione 3D. Tali software, disponibili sul mercato con svariate caratteristiche e potenzialità, consentono la visualizzazione delle immagini native di tomografia computerizzata in modalità di confronto tra l'acquisizione in decubito prono e supino, la navigazione all'interno del lume colico con simulazione endoscopica, la refertazione strutturata dell'esame, marcando i reperti patologici che automaticamente sono inseriti nel referto finale. A queste caratteristiche di base si aggiungono varie modalità di visualizzazione 3D, oltre a quella endoscopica, che caratterizzano ciascun software.

È ancora discusso quale sia la più efficiente modalità di visualizzazione, ovvero se sia meglio un'analisi primaria 2D seguita dalla visualizzazione 3D per la risoluzione dei reperti dubbi o, viceversa, un'iniziale analisi 3D endoluminale con l'ausilio delle immagini assiali per confermare i reperti. In ogni caso è preferibile l'uso combinato di tutte le modalità di visualizzazione per una migliore accuratezza nell'identificazione dei reperti patologici [1, 2].

Visualizzazione 2D

L'analisi primaria 2D prevede la valutazione su una workstation (non necessariamente dedicata) delle singole scansioni assiali ed eventualmente delle riformattazioni multiplanari, lasciando l'utilizzo delle elaborazioni 3D endoluminali esclusivamente alla soluzione di problemi interpretativi (ad esempio, diagnosi differenziale tra un polipo e una plica ipertrofica) [2]. Questo approccio presenta il vantaggio della rapidità di analisi dei dati unita alla possibilità di visualizzare le immagini anche su workstation di scarse prestazioni e, attualmente, l'analisi 2D è quella più diffusa tra gli esperti [3].

Metodologia di visualizzazione 2D

Prima di iniziare la lettura 2D di un esame, sarebbe opportuno sincronizzare le due serie di acquisizione (nei decubiti supino e prono) in modo da poter visualizzare allo stesso tempo il medesimo segmento colico in ambedue i decubiti. Questo consente, nel momento in cui s'individui un reperto sospetto per polipo, la valutazione della contemporanea presenza in entrambi i decubiti e l'eventuale mobilità del reperto. I residui fecali tendono a spostarsi dalla superficie del colon quando il paziente cambia decubito (da supino a prono o viceversa) (Figg. 7.1a-b), mentre le lesioni polipoidi, per ovvie ragioni, man-

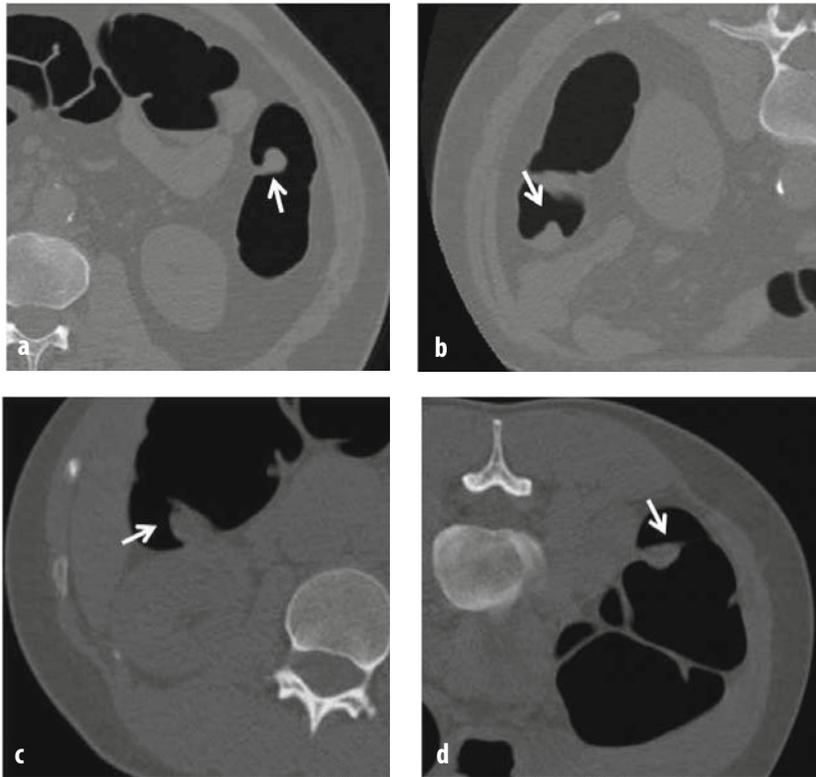


Fig. 7.1. La modificazione di decubito supino e prono permette di discriminare i residui fecali (*freccia*) che si muovono (**a, b**) dai polipi (*freccia*) adesi ad una plica (**c, d**)

tengono la loro posizione (Figg. 7.1c-d). Necessitano però particolare attenzione i polipi peduncolati o quelli sessili localizzati in un segmento di colon con lungo mesentere, che possono simulare una mobilità al cambiamento di decubito. In tali casi dovrà essere posta maggior attenzione da parte del lettore, valutando i due decubiti in sincronizzazione.

Per una corretta valutazione 2D, è necessario impostare i parametri di visualizzazione ottimali. Per lo studio della superficie colica è opportuno scegliere

re i valori di finestra e livello per parenchima polmonare (ampiezza 1600, livello 700) (Fig. 7.2a) e/o per osso (ampiezza 3000, livello 200) (Fig. 7.2b), mentre per lo studio dei reperti extra-colici valori di finestra e livelli per parenchima addominale (ampiezza 600, livello 0) (Fig. 7.2c).

L'utilizzo dei corretti parametri di visualizzazione consente di distinguere facilmente le lesioni aggettanti nel lume, ma soprattutto di discriminare rapidamente un polipo, che presenta densità

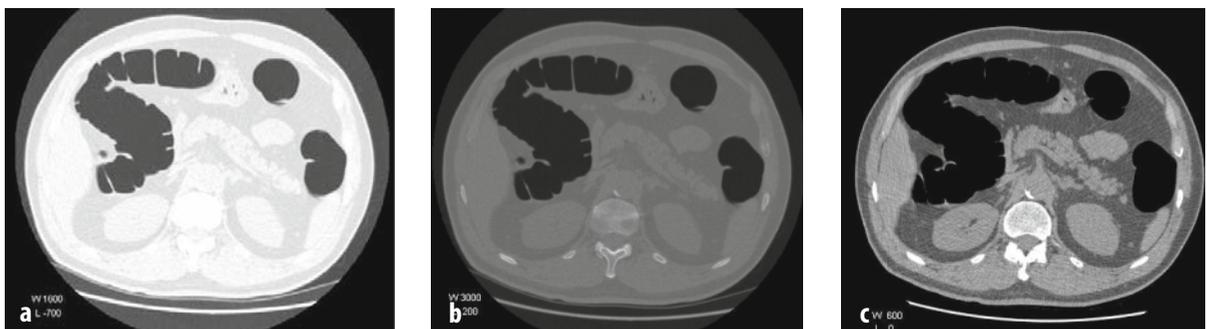


Fig. 7.2. Scansione assiale con diversi valori di finestra e livello. **a** Valori di finestra e livelli per parenchima polmonare permettono una più netta distinzione tra la superficie colica e l'aria all'interno del viscere (la luminosità della finestra può produrre affaticamento oculare dopo la lettura di alcuni esami di CV). **b** Valori di finestra e livelli per osso (il compromesso tra l'ampiezza della finestra e una luminosità accettabile fa sì che la finestra per osso sia ideale alla lettura di molti esami di CV). **c** Valori di finestra e livello per parenchima addominale (consentono la valutazione degli organi addominali per l'eventuale presenza di reperti extra-colici)

omogenea, dal residuo fecale che, invece, avendo aria nel suo contesto, presenta una disomogenea attenuazione. Per una maggior accuratezza è importante, inoltre, condurre un'analisi segmentaria del colon procedendo dal cieco al retto o viceversa, e concentrando l'attenzione sui singoli segmenti, anche attraverso una riduzione del campo di vista che permetta d'ingrandire la zona d'interesse.

Una volta individuata una sospetta lesione parietale, le immagini possono essere rielaborate con piani coronale, sagittale, obliquo e infine con visione endoluminale per facilitarne la caratterizzazione e consentire la misurazione del diametro maggiore (vedi Capitolo 10).

L'algoritmo 2D, come interpretazione primaria di un esame di CV, permette di visualizzare l'intera superficie della mucosa colica con un singolo passaggio, evidenziando in questo modo anche i polipi localizzati in prossimità o dietro una plica e con la possibilità, visualizzando simultaneamente e sincronizzando le immagini assiali nei decubiti supino e prono, di ridurre il tempo totale d'interpretazione dell'esame [4, 5].

Le immagini 2D, inoltre, permettono al medico radiologo di valutare anche eventuali reperti extracolici che possono presentare la necessità di ulteriori approfondimenti diagnostici [6].

La valutazione primaria 2D presenta numerosi vantaggi, ma pone una maggiore difficoltà d'interpretazione nel radiologo inesperto [7]. Le immagini

3D risultano molto più intuitive e per questo si adattano ad una prima lettura da parte di lettori inesperti.

Visualizzazione 3D

L'analisi primaria 3D consiste nella navigazione endoluminale ottenuta attraverso una ricostruzione 3D della superficie del colon e la simulazione della prospettiva endoscopica. La curva di apprendimento per la lettura di esami di CV è più semplice e l'accuratezza sembra, come dimostrato da Pickhardt e coll. [8], più elevata, in particolare per le piccole lesioni polipoidi. Al contrario, il tempo di analisi dei dati risulta più lungo e, comunque, vi è necessità di valutare le immagini 2D per differenziare, ad esempio, un polipo da un residuo fecale.

In ogni caso, i software di visualizzazione 3D sono in continua evoluzione e miglioramento, allo scopo di ridurre i tempi di lettura e facilitare l'integrazione 2D-3D [3].

Metodologia di visualizzazione 3D

Una volta eseguito l'esame, le immagini vengono inviate ad una workstation dedicata che ricava pressoché automaticamente il volume 3D del colon e genera la visione endoluminale.

Il software seleziona automaticamente i segmenti colici che verranno compresi nella navigazio-

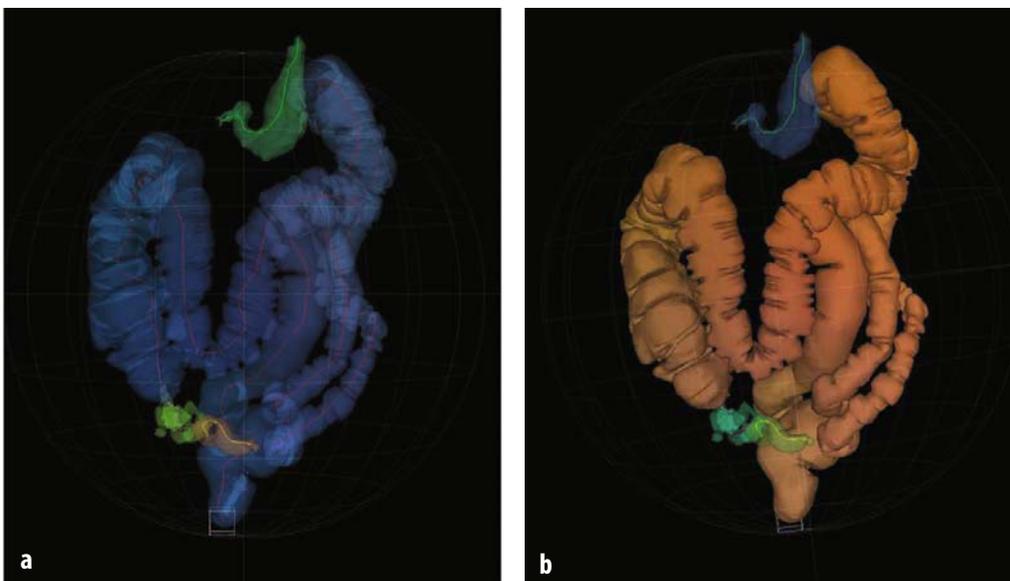


Fig. 7.3. Software CADCOLON (Im3D, Torino). **a** Il software disegna automaticamente la centerline all'interno del viscere. **b** Il medico radiologo conferma manualmente i segmenti colici scelti dal software, che verranno compresi nella navigazione

ne e la *centerline*, ossia il tragitto di navigazione (Fig. 7.3); talvolta il software non è in grado di discriminare il colon dall'intestino tenue, pertanto il medico radiologo deve confermare o selezionare manualmente i segmenti che devono essere compresi nello studio.

È necessario anche stabilire il campo di vista (angolare) che la telecamera virtuale deve avere all'interno del colon. La scelta del campo di vista è un fattore critico, in quanto aumentando l'angolo di apertura della cosiddetta telecamera virtuale si ottiene una progressiva deformazione delle strutture rappresentate sulla superficie colica. In sostanza, la deformazione conduce ad un appiattimento della superficie tale da ridurre o persino annullare la visione di un polipo.

Una volta selezionati questi parametri, è possibile iniziare la navigazione, impostando la velocità desiderata e seguendo sempre una logica segmentaria, procedendo in senso anterogrado (dal cieco al retto) e retrogrado (dal retto al cieco).

Nel caso in cui venga individuato un polipo o una sospetta lesione aggettante nel lume, è possibile muovere la telecamera virtuale all'interno del lume colico in modo da avere una visuale a 360° del reperto individuato [9]. Si consiglia, per confermare o meno la natura di una lesione, la contemporanea visualizzazione delle immagini assiali.

Il vantaggio principale del metodo di visualizzazione 3D è rappresentato dalla più intuitiva visualizzazione della superficie colica rispetto al metodo 2D; lo svantaggio è la necessità di dedicare maggior tempo all'analisi della superficie colica [10], ma questo potrebbe anche essere considerato un dato a favore del metodo 3D. Infatti, un tempo di analisi prolungato aumenta il grado di attenzione, e quindi di accuratezza, nel rilevare lesioni coliche.

Al di là dei tempi di analisi, esistono comunque alcuni limiti legati alla prospettiva endoluminale stessa. La visualizzazione 3D presenta infatti l'incapacità di visualizzare completamente la superficie colica; esistono di fatto aree nascoste dalle pliche (Figg. 7.4 e 7.5), in rapporto al limitato angolo di vista della camera virtuale. Queste aree, non raggiunte dal fascio visivo virtuale, possono sfuggire all'analisi 3D e di conseguenza si possono perdere reperti patologici [11].

Sebbene l'utilizzo di agenti ipotonizzanti e un'adeguata distensione colica riducano notevolmente tale problematica [12], le pliche possono tuttavia continuare ad oscurare una minima porzione di superficie colica, riducendo pertanto la sensibilità della metodica nell'individuazione delle lesioni polipoidi.

Per ottimizzare l'interpretazione dei dati e ridurre al minimo le aree buie non visualizzate, il colon dovrebbe essere esaminato secondo quattro passaggi: in decubito prono, supino, con una navigazione anterograda e retrograda. La navigazione nelle due direzioni riduce le aree coliche nascoste approssimativamente di circa il 20% [13, 14] e comunque una parte di superficie colica, sede potenziale di lesioni polipoidi, resta non visualizzata. La valutazione interattiva può superare questi ostacoli a scapito di un sostanziale incremento del tempo di lettura.

Lo sviluppo tecnologico ha proposto anche la possibilità di uno strumento elettronico che identifichi automaticamente, durante la navigazione bidirezionale, le aree non visualizzate.

In ogni modo, il miglioramento della tecnica 3D con visualizzazione panoramica, che si sta sempre più sviluppando, permette di avere una completa visualizzazione della superficie a livello delle pliche o delle haustre con un aumento della visualizzazione degli eventuali polipi presenti e un ridotto tempo di refertazione.

Altro limite della navigazione endoluminale è rappresentato dal fatto che la *centerline* non può essere generata qualora i segmenti del colon non siano ben distesi. In alcuni casi, perciò, la navigazione endoluminale non risulta fattibile (Figg. 7.5 e 7.6).

Infine, si è osservato che le lesioni piatte e i tumori anulari stenosanti vengono meglio evidenziati nelle immagini assiali 2D con la finestra per addome (rispettivamente con livelli di 400 e 40 UH) rispetto alla visualizzazione 3D endoluminale.

In conclusione, l'ottimale interpretazione di un esame TC del colon risulta facilitata da workstation che permettono una contemporanea visualizzazione delle immagini ottenute nei decubiti supino e prono sia 2D che 3D, consentendo di valutare tutti i segmenti del colon che magari in un decubito sono collassati od obliterati da residui fecali, mentre nell'altro decubito vengono ben distesi o liberati dai fluidi.

Conclusioni

Alla domanda se sia meglio l'approccio primario 2D o quello 3D, la risposta è che solo dalla combinazione delle diverse modalità di rappresentazione dei dati si ottengono le migliori informazioni.

Inoltre, il progresso nell'hardware e software offre sviluppi sempre più interessanti. Infatti, oltre la classica visualizzazione endoluminale, si affiancano attualmente nuove modalità di visualizzazione, come la "dissezione virtuale" [15] (Figg. 7.7 e 7.8)

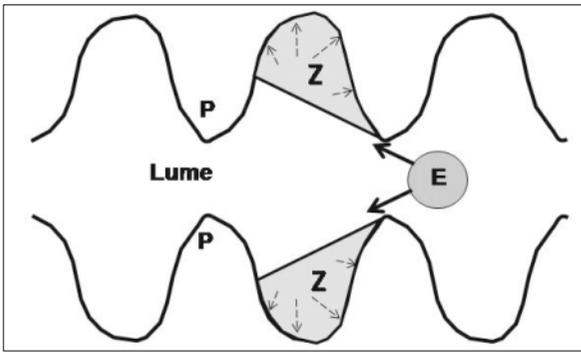


Fig. 7.4. Zone d'ombra della visione endoscopica. Come accade nell'endoscopia classica, anche nella colonscopia virtuale, quando si utilizza la prospettiva endoscopica, sono presenti zone d'ombra (Z) poste dietro alle pliche (P) rispetto al punto di vista (E). Nelle zone d'ombra possono essere presenti lesioni parietali organiche che, con la sola prospettiva endoscopica, anche con navigazione anterograda e retrograda, rischiano di non essere identificate

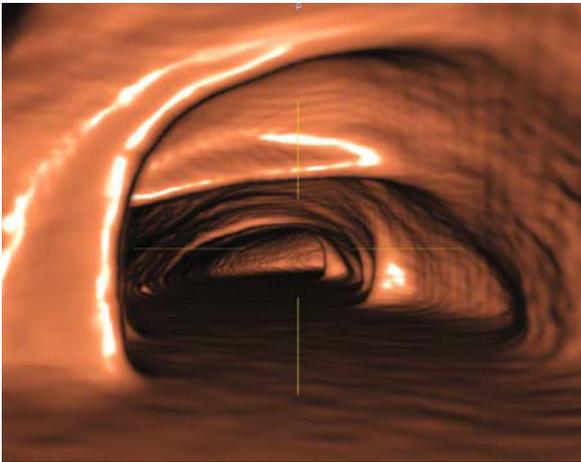


Fig. 7.5. Navigazione endoluminale all'interno del colon che presenta residui fluidi: impossibilità di valutare la superficie colica al di sotto di tale livello. Durante la navigazione, inoltre, possono non essere identificate lesioni nascoste dalle pliche

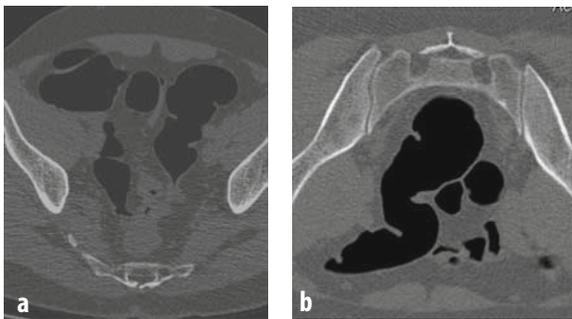


Fig. 7.6. Il retto-sigma è collassato nel decubito supino (a), mentre si distende nel decubito prono (b); solo in quest'ultimo caso sarà possibile la generazione della centerline e la navigazione 3D

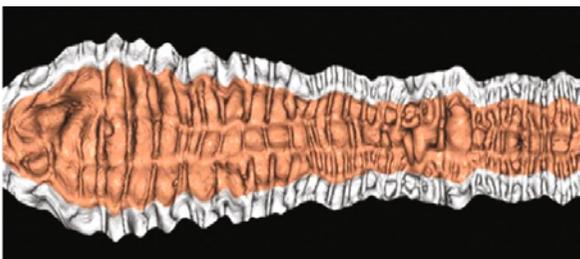


Fig. 7.7. Software COLONSCREEN (Voxar/Barco, Belgium). Esempio di dissezione virtuale: il cieco, il colon ascendente e una porzione di trasverso vengono "srotolati" su di un unico piano

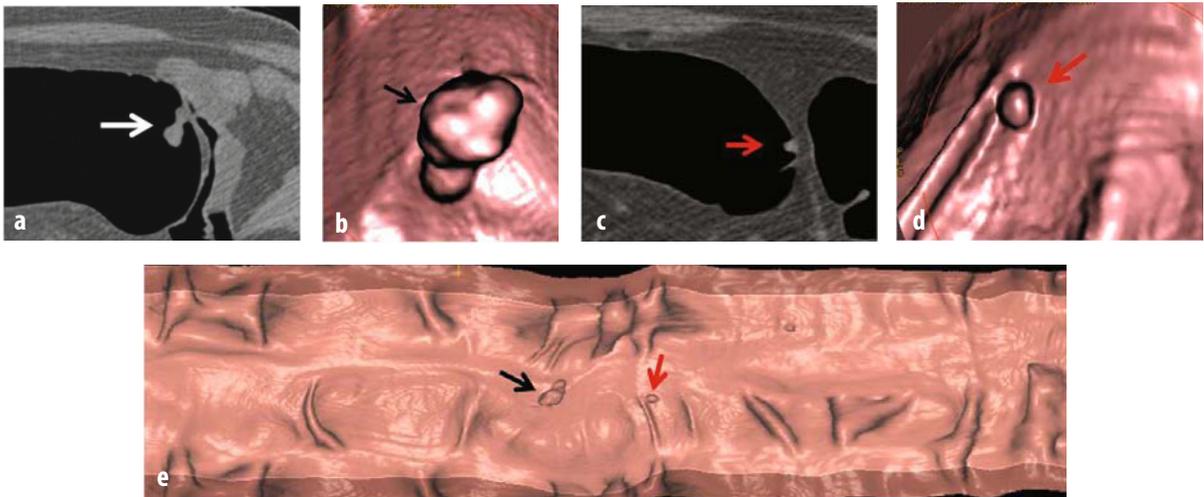


Fig. 7.8. Software ColonVCAR (GE/Healthcare, USA). Presenza di un adenoma avanzato (a, b) e di un polipo intermedio (c, d) nel sigma. Ambedue le neoformazioni, rispettivamente a sviluppo peduncolato (*freccia nera*) e sessile (*freccia rossa*), sono apprezzabili nella dissezione virtuale (e)

o il cosiddetto “unfolded cubing”, nelle quali il volume di dati 3D viene aperto e “sezionato”, al fine di ottenere una più rapida analisi delle immagini. Con queste modalità è possibile ovviare alle problematiche tipiche della navigazione endoscopica (polipi nascosti dalle pliche; difficoltà di analisi dell’intera superficie mucosa ecc.).

Anche sul fronte dei sistemi di diagnosi assisti-

ta, i cosiddetti “CAD” (Computer Assisted Diagnosis), la ricerca si sta sviluppando. Si tratta di software “intelligenti” che sono in grado di identificare polipi o tumori e di evidenziarli in modo da facilitare e velocizzare l’analisi del colon da parte del radiologo e ridurre gli errori di percezione nei quali può incorrere analizzando un’enorme quantità d’immagini.

Bibliografia

1. Mang T, Schaefer-Prokop C, Schima W et al (2008) Comparison of axial, coronal, and primary 3D review in MDCT colonography for the detection of small polyps: a phantom study. *Eur J Radiol* [Epub ahead of print]
2. Barish MA, Soto JA, Ferrucci JT (2005) Consensus on current clinical practice of virtual colonoscopy. *AJR Am J Roentgenol* 184 (3):786-92
3. Neri E, Vannozzi F, Vagli P et al (2006) Time efficiency of CT colonography: 2D vs 3D visualization. *Comput Med Imaging Graph* 30(3):175-80
4. Macari M, Milano A, Lavelle M et al (2000) Comparison of time-efficient CT colonography with two- and three-dimensional colonic evaluation for detecting colorectal polyps. *AJR Am J Roentgenol* 174(6):1543-9
5. Taylor SA, Halligan S, Slater A et al (2007) Polyp detection with CT colonography: primary 3D endoluminal analysis versus primary 2D transverse analysis with computer-assisted reader software. *Radiology* 244(1):316-7
6. Xiong T, Richardson M, Woodroffe R et al (2005) Incidental lesions found on CT colonography: their nature and frequency. *Br J Radiol* 78:22-29
7. Taylor SA, Halligan S, Burling D et al (2004) CT colonography: effect of experience and training on reader performance. *Eur Radiol* 14(6):1025-33
8. Pickhardt PJ, Lee AD, Taylor AJ et al (2007) Primary 2D versus primary 3D polyp detection at screening CT colonography. *AJR Am J Roentgenol* 189:1451-1456
9. Beaulieu CF et al (1999) Blinded comparison of axial CT, and virtual endoscopic and panoramic endoscopic volume rendered studies. *Radiology* [Epub ahead of print]
10. Pickhardt PJ (2004) Translucency rendering in 3D endoluminal CT colonography: a useful tool for increasing po-

- lyp specificity and decreasing interpretation time. *AJR Am J Roentgenol* 183:429-436
11. Macari M, Megibow AJ (2001) Pitfalls of using three-dimensional CT colonography with two-dimensional imaging correlation. *AJR Am J Roentgenol* 176:137-143
 12. Rogalla P, Lembcke A, Rückert JC et al (2005) Spasmolysis at CT colonography: butyl scopolamine versus glucagon. *Radiology* 236(1):184-8
 13. Paik DS, Beaulieu CF, Jeffrey RB et al (2000) Visualization modes for CT colonography using cylindrical and planar map projections. *J Comput Assist Tomogr* 24:179-188
 14. Vos FM, Van Gelder RE, Serlie IWO et al (2003) Three-dimensional display modes for CT colonography: conventional 3D virtual colonoscopy versus unfolded cube projection. *Radiology* 228:878-885
 15. Hoppe H, Quattropani C, Spreng A et al (2004) Virtual colon dissection with CT colonography compared with axial interpretation and conventional colonoscopy: preliminary results. *AJR Am J Roentgenol* 182(5):1151-8