

전자선전산화단층촬영을 이용한 가상대장경 : 바륨관장검사, 대장경검사 및 병리소견과의 비교¹

홍해숙 · 정재준 · 김민정 · 김명진 · 이종태 · 유형식

목 적 : 전자선전산화단층촬영을 이용한 대장종양의 가상대장경 소견을 바륨관장검사, 대장경 및 육안병리소견과 비교하여 가상대장경의 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법 : 바륨관장검사 및 대장경검사서 대장종양이 발견된 10명의 환자들을 대상으로 하였고 9예는 대장선암으로 1예는 대장선종으로 확진되었다. 대상 환자들에서 수술이나 절제 전에 전자선전산화단층촬영을 이용하여 복부 및 골반 단층촬영을 시행하였다. 이 영상을 삼차원재구성하여 가상대장경영상을 얻었다. 가상대장경소견을 바륨관장검사, 대장경소견 및 절제된 육안병리소견과 비교하였다. 가상대장경소견에서 종괴의 모양을 용종형, 무경형, 버섯모양형, 윤상협착형으로 나누었고 종괴내 궤양의 유무와 내장의 폐쇄가 있을 때 근위장관의 관찰이 가능한지 알아보았다.

결 과 : 가상대장경영상에서 병변들은 용종형 2예, 무경형 1예, 버섯모양형 5예 및 윤상협착형 2예를 보였다. 전례에서 가상대장경영상은 바륨관장검사, 대장경검사 및 육안병리소견과 잘 연관되었다. 궤양이 있었던 6예 중 3예에서 가상대장경상으로 궤양을 관찰할 수 있었다. 내장의 부분 또는 완전폐쇄를 야기한 대장암 7예에서 가상대장경으로 폐쇄부위를 포함하여 근위장관까지 관찰할 수 있었으며 바륨관장검사는 1예에서 폐쇄근위부로 바륨이 진행하지 못하였고 대장경은 6예에서 폐쇄근위부로 검사경이 진행하지 못하였다.

결 론 : 전자선전산화단층촬영을 이용한 대장종양의 가상대장경 소견은 바륨관장검사, 대장경 및 육안병리소견과 잘 연관되며 종양의 성상에 대해 삼차원적 정보를 제공하고, 특히 내장폐쇄가 있을 때 종괴 평가에 유용하다.

가상대장경은 나선식컴퓨터단층촬영 또는 초고속컴퓨터단층촬영으로 얻은 데이터를 삼차원으로 재구성하여 내강측에서 보는 대장의 영상을 제공하는 새로운 기법이다(1). 이 기법은 비침습적이므로 대장선종 또는 선암의 선별검사(screening test)에도 이용될 수 있는데, 대장의 용종이나 종괴를 발견하는데 있어서 가상대장경의 유용성에 관한 문헌들이 많이 보고되어 왔다(2, 3). 육안적으로 발견이 가능한 크기의 대장종양에서 가상대장경은 삼차원의 내강영상을 제공하므로 종괴의 성상을 분석하여 감별진단과 술전평가에 도움을 줄 수 있다. 저자들은 양성 또는 악성대장종양으로 진단받은 환자들에서 가상대장경검사를 시행하고, 이를 기존의 진단방법인 바륨관장검사, 대장경검사 및 수술로 절제된 육안병리소견과 비교하여 가상대장경의 장점과 유용성을 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

1997년 3월부터 6월까지 바륨관장검사나 대장경검사로 대장종양이 발견된 10명의 환자를 무작위로 선택하여 대상으로 하였으며, 남녀비는 6 : 4, 연령은 43세에서 72세까지(평균연령 57세)였다. 9예는 수술전 바륨관장검사와 대장경검사 및 생검을 모두 시행하였고, 1예는 대장경검사와 검사시 내시경적 절제를 시행하였다. 생검과 수술로써 선암 9예, 내시경적 절제로 관상용모형선종 1예로 확진되었다.

수술전 대상 환자들에서 바륨관장검사나 대장경검사로 병변의 위치를 사전에 확인한 후 병변부위에 대해 전산화단층촬영을 시행하였다. 바륨관장검사나 대장경검사 후 전산화단층촬영을 시행하기까지의 시간 간격은 1일에서 1개월이었다. 촬영을 위해 모든 환자들은 검사 전에 관장을 시행하고 대장을 팽창시키기 위하여 촬영 직전 환자를 좌측와위로 눕히고 직장내 Foley 도관을 삽입한 후 약 500-700 cc의 공기를 주사기로 수동주입하였다. 공기주입 후 도관을 제거하고 환자를 양와위로 위치시키고 전자선단층촬영기(Electron Beam Tomogram; Imatron, South San Francisco, California, USA)를 이용하

¹ 연세대학교 의과대학 진단방사선과학교실
이 논문은 1998년 1월 5일 접수하여 1998년 4월 30일에 채택되었음.

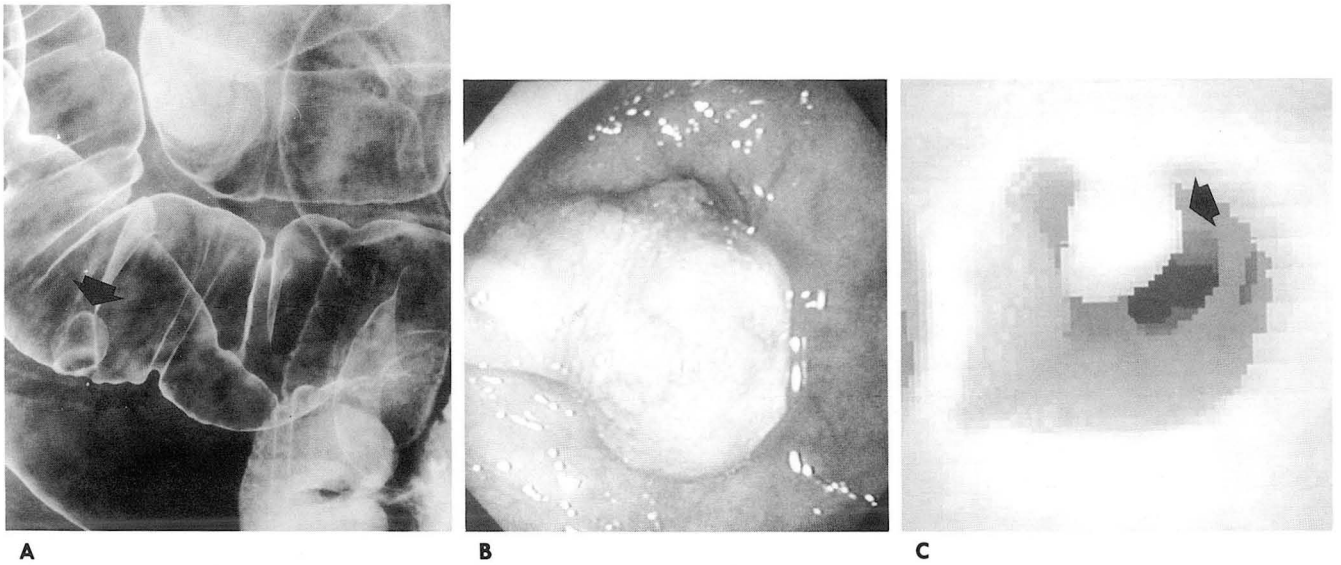


Fig. 1. A 58-year-old man with an adenocarcinoma in the descending colon.

A. A small polyp(arrow) is shown on barium enema.

B. Same lesion is noted on colonoscopy.

C. Virtual colonoscopy also reveals same configuration of the polyp(arrow) with short and broad neck.

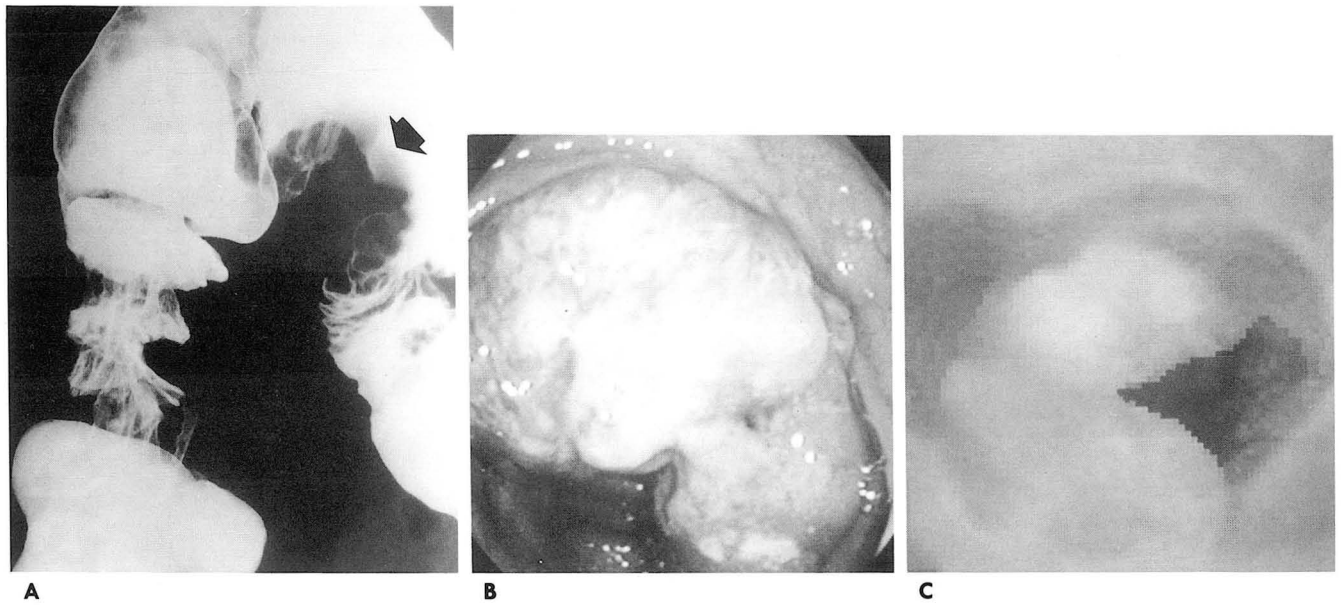


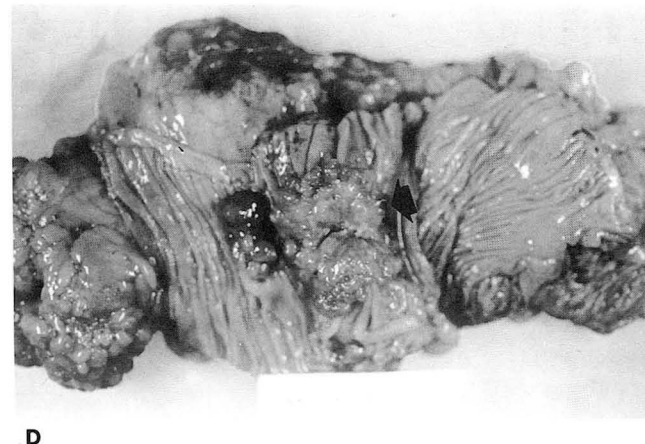
Fig. 2. A 64-year-old woman with an adenocarcinoma in the hepatic flexure.

A. A lobulated filling defect(arrow) is noted on barium enema.

B. On colonoscopy, the lobulated fungating mass is seen.

C. Virtual colonoscopy demonstrates the same lesion.

D. On gross specimen, the irregular fungating tumor(arrow) is shown.



여 약 20-25초간 호흡을 정지시키고 6mm의 두께, 4mm의 재구성 간격, 6mm/sec의 테이블속도(pitch of 1), 매트릭스 크기 512×512로 조영증강없이 검사를 시행하였다. 이 축상단면 영상을 컴퓨터워크스테이션(workstation)에서 소프트웨어프로그램(AIDP, AccuImage, San Bruno, CA)을 이용하여 썸차원으로 재구성하였다. 영상의 재구성을 위하여 먼저 병변부위를 관심영역으로 선택하였다. 관심영역이 포함된 장관의 이차원영상을 축상, 관상, 시상면으로 전시한 후 병변의 위치와 범위를 정하고 가상카메라가 내강을 이동하면서 병변의 정사면영상 및 가상카메라를 회전시켜 사면영상을 얻었다. 이 데이터를 이용해 컴퓨터 시뮬레이션으로 삼차원 가상대장경영상을 얻고 영화 모드(cine mode)하에서 녹화된 대장경검사와 같이 구성하였다.

가상대장경의 유용성을 평가하기 위하여 가상대장경소견을 후향적으로 수술전 바륨관장검사, 대장경소견 및 수술로 절제된 육안병리소견과 비교하였다. 가상대장경소견에서 종괴의 모양을 용종형(polypoid), 무경형(sessile), 버섯모양형(fungating), 윤상협착형(annular constrictive)으로 나누었고, 염상이 아닌 표면이 불규칙한 종괴내에 함몰된 부분이 관찰될 때 이를 궤양으로 간주하고 병변내 궤양의 유무와 내강폐쇄가 있을 때 근위부 장관의 관찰이 가능한지를 알아보았다. 이상의 소견을 2인의 방사선과 의사가 독립적으로 판단한 후 서로 합의하

여 결과를 분석하였다.

결 과

선암 9예의 위치는 간굴곡 1예, 횡행결장 1예, 하행결장 2예, S자결장 4예, 직장 1예였고 선종 1예는 하행결장에 위치하였다. 모든 환자들에서 가상대장경영상을 얻어 용종형 2예, 무경형 1예, 버섯모양형 5예 및 윤상협착형 2예로 분류하였다. 선암 9예는 가상대장경영상에서 용종형 1예, 무경형 1예, 버섯모양형 5예 및 윤상협착형 2예였으며 선종 1예는 용종형의 형태를 보였다.

가상대장경영상에서 용종형의 형태를 보인 2예 중 하행결장 선암 1예는 바륨관장검사상 넓은 기저부를 가진 구형의 용종으로 관찰되었으며, 대장경에서도 같은 형상의 병변을 관찰하였고, 가상대장경영상에서는 가상카메라를 근거리, 먼거리 및 여러 각도로 돌려 보아 짧은 경을 관찰할 수 있었다(Fig. 1). 용종형 형태의 다른 하행결장선종 1예는 대장경검사에서 주위 점막과 경계가 잘 지워지고 넓은 기저부를 가진 구형의 용종으로 발견되었다. 가상대장경영상에서 다엽형의 표면형태를 관찰할 수 있었으며 이는 절제된 육안병리표본의 소견과 일치하였다.

가상대장경영상에서 버섯모양형 중 간굴곡선암 1예는 바륨관장검사상 다엽형태의 중만 결손 소견을 보였고, 대장경에서

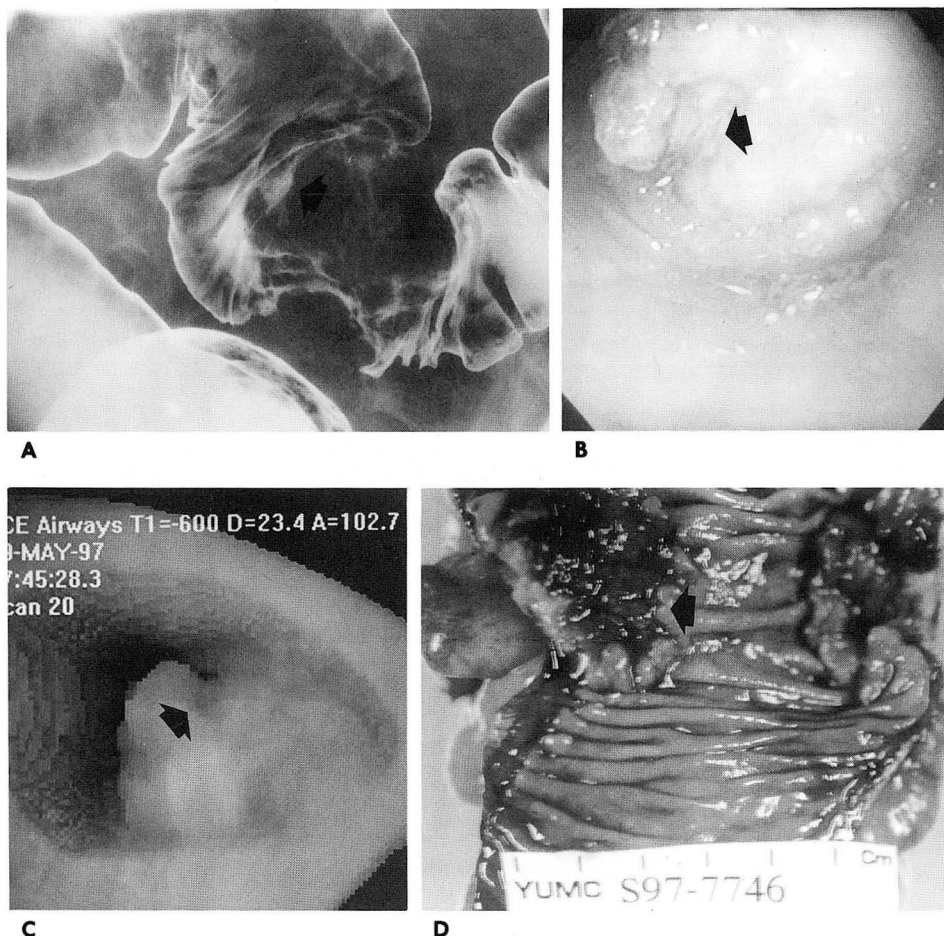


Fig. 3. A 60-year-old man with an adenocarcinoma in the sigmoid colon.

A. A filling defect with luminal narrowing is seen on barium enema.

Barium collection(arrow) is noted within the filling defect, suggesting ulcer.

B. On colonoscopy, the mass with ulcer(arrow) is visualized with total obstruction of the lumen. Colonoscope could not pass through.

C. On virtual colonoscopy, a lobulated fungating mass is noted with luminal narrowing and ulcer(arrow).

D. On gross specimen, the ulcerofungating tumor(arrow) is shown.

는 내강측으로 돌출한 다엽형의 버섯모양형 병변이 관찰되었고 종괴에 의해 내강을 부분적으로 폐쇄시켜 검사경이 종괴의 근위장관으로 진행하지 못하였다. 이 병변의 가상대장경영상은 불규칙한 형태의 다엽성 버섯모양형을 보이고 있으며 이 성상은 바륨관장검사, 대장경소견 및 절제된 육안병리소견과 잘 일치하였다(Fig. 2).

가상대장경영상에서 윤상협착형태를 보인 예들 중 S자결장 선암은 바륨관장검사상 국소적 협착 병변이 관찰되었고 대장경 검사에서는 병변에 의해 내강이 완전히 폐쇄되어 병변 근위부로 검사경이 더 이상 진행하지 못하였다. 가상대장경 영상에서는 대장경에서와 같이 주 병변부위에서는 내강이 협착되고 폐쇄된 소견이 보였으며 영화모드를 이용하여 폐쇄부위를 지나 근위부장관을 볼 수 있었다(Fig. 3).

종괴내에 궤양이 있었던 6예 중 3예에서 가상대장경으로 궤양을 발견하였다(Fig. 3). 종괴에 의한 부분 또는 완전 내강폐쇄로 인하여 바륨관장검사는 1예에서 폐쇄근위부로 바륨이 진행하지 못하였고, 대장경은 6예에서 검사경이 진행하지 못하였

다. 가상대장경영상에서 내강의 완전 폐쇄는 2예에서 관찰되었고 내강으로 돌출한 종괴에 의한 내강의 부분적인 협착은 4예에서 관찰되었다. 내강의 완전폐쇄가 있었던 2예에서 영화모드를 이용하여 폐쇄 근위부의 장관을 관찰할 수 있었다.

고 찰

가상내시경은 컴퓨터시뮬레이션을 이용하여 내강이 있는 장기의 삼차원적인 내강측 영상을 제공하는 기법으로 신체의 모든 기관에 적용할 수 있으며 가상기관지경과 가상대장경에 대한 연구가 여러 문헌에 보고되어 있다(4).

Vining 등(5)이 가상대장경의 개념을 도입한 이후로 대장경 검사에 수반되는 환자의 불편함을 개선시키고자 비침습적인 가상대장경의 유용성이 연구되었다. Hara 등(2, 3, 6, 7)은 대장 종괴의 발견을 위한 선별검사로서 규칙적으로 시행되는 대장경 검사를 대체하고자, 측상단층촬영영상을 이차원재구성하여 전장을 펼쳐 놓은 대장의 영상을 얻고 종괴를 영상화하기 위한 최적의 검사 변수를 제시하였고, 이차원재구성기법과 삼차원가상대장경기법을 상호 보완적으로 사용하여 0.5cm 이상 크기의 용종발견율이 우수함을 보고하였다. 또한 대장경검사처럼 시뮬레이션된 삼차원가상대장경 영상으로 종괴의 성상을 평가하고

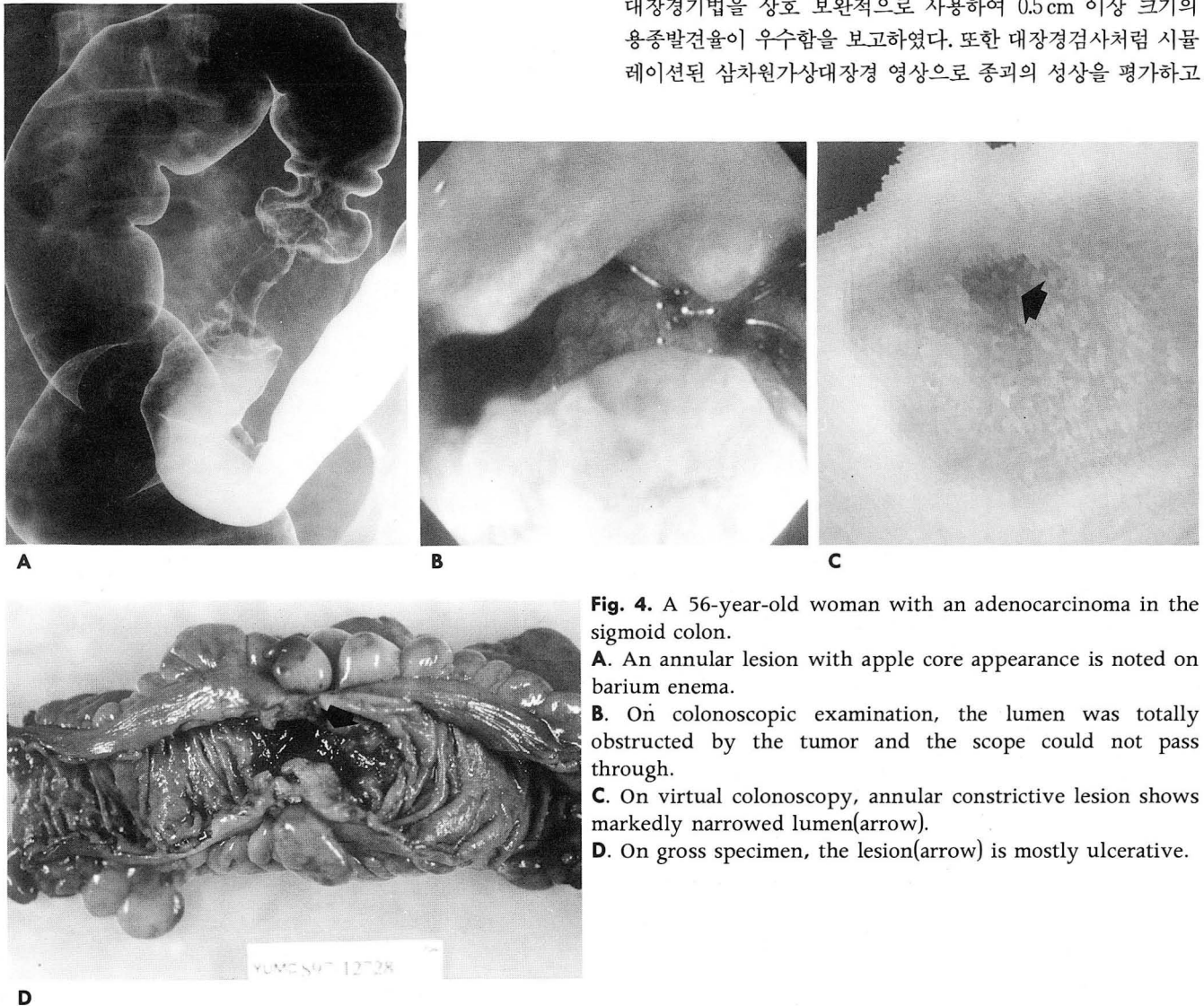


Fig. 4. A 56-year-old woman with an adenocarcinoma in the sigmoid colon.

A. An annular lesion with apple core appearance is noted on barium enema.

B. On colonoscopic examination, the lumen was totally obstructed by the tumor and the scope could not pass through.

C. On virtual colonoscopy, annular constrictive lesion shows markedly narrowed lumen(arrow).

D. On gross specimen, the lesion(arrow) is mostly ulcerative.

양성 및 악성병변의 감별진단에 유용하다고 하였다.

본 연구에서는 가상대장경영상을 기존의 진단방법인 바륨관장검사 및 대장경소견과 비교하였고 육안병리소견과도 비교하였다. 바륨관장검사는 병변의 성상에 대해 유용한 정보를 제공하지만 이차원투사영상인 반면 가상대장경은 대장경검사에서의와 같은 삼차원영상을 제공하며 가상카메라를 회전시켜 여러 각도에서의 사면 관찰이 가능하고 직장-S자결장과 같이 과잉장관(redundant loop)이 서로 중복되는 것에 제한받지 않으며 이차원재구성기법을 이용하여 시상과 관상면 등 다평면의 평가를 할 수 있다. 또한 종괴에 의한 장관폐쇄가 있을 경우 바륨관장검사상 바륨이 폐쇄근위부로 진행하지 못하거나 검사경이 진행하지 못함으로써 불완전 검사가 될 수 있는데, 가상대장경의 경우 공기를 주입하여 대장을 팽창시킴으로써 폐쇄 정도를 감소시켜 종괴의 모양을 구체적으로 평가할 수 있고 폐쇄근위부에 대한 관찰도 가능하였다. 또한 가상대장경은 비침습적검사이므로 대장경검사에 요구되는 침습적 절차를 거치지 않으며, 촬영직전 환자가 허용할만큼의 공기를 주입하므로(500-700 cc) 바륨관장검사에 비해 환자의 불편이 현저히 적다.

가상대장경이 대장경을 완전히 대체할 수 없는 몇가지 제한점이 있는데, 첫째는 생검이나 절제를 시행할 수 없고, 둘째로 대장경검사와 같이 점막의 색상이나 바탕면(texture)을 나타낼 수 없으며, 세째는 점막표면의 평평한 병변은 발견하기 어렵고, 네째로 위양성 병변이 존재한다는 점이다. 위양성 병변을 만드는 것으로는 회맹판(ileoceleal valve), 잔류변 및 바륨, 호흡으로 인한 인공물 등이 있다. 회맹판은 삼차원영상에서 맹장종괴로 오인될 수 있는데 대응되는 이차원영상에서 말단회장이 회맹판과 연속되는 것을 확인하여야 한다. 현재까지는 장관내에 잔류된 변과 연부조직과의 구별이 어려우므로 잔류변 또한 위양성 병변으로 작용하는데, Hara 등(5)은 이차원영상이 잔류변과 용종을 감별하는데 유용하다고 하였다. 즉, 종괴 내부에 공기가 있거나 비전형적인 염상이나 각진 형태를 보이며, 가라앉은 쪽(dependent portion)에 위치하거나 또는 유동성을 보일 때 잔류변을 감별할 수 있다고 하였다. 잔류된 바륨도 삼차원영상에서 위양성 병변으로 오인될 수 있는데 이것은 재구성과정상에서 대응되는 이차원영상에서 바륨의 고밀도 음영을 확인함으로써 배제할 수 있다. 호흡정지 동안이나 서로 다른 호흡정지 사이에 발생하는 오등록(misregistration)에 의해 대장의 팽출상(haustral marking)을 종괴로 오인할 수 있는데 이 또한 역시 대응되는 이차원영상을 관찰하여 위양성 병변임을 확인하여야 한다. 본 연구에서와 같이 전자선전산화단층촬영기 등의 초고속 전산화단층촬영을 이용하였을 때 환자가 짧은 1회

의 호흡정지(20-25초)로 촬영이 완료되므로 호흡에 의한 오등록 인공물의 발생이 드물다.

본 연구에서도 가상대장경은 몇 가지 제한점을 지니고 있는데, 첫째로 사전에 확인된 병변부위만을 검사하였으므로 나머지 장관에 대한 평가와 검색이 이루어지지 못하였고, 둘째는 컴퓨터프로그램 자체의 제한점으로 인해 최적의 해상도를 얻지 못하는 단점이 있고, 세째로 점막변화의 평가에 있어 궤양과 다소염성 병변의 감별이 어려운 점 등이다. 이러한 제한점들은 컴퓨터기술의 발달과 가상대장경검사기법의 발전에 의해 개선될 것으로 생각한다.

본 연구에서는 가상대장경을 이용하여 대장종양을 삼차원적으로 종괴의 모양, 경의 유무, 궤양의 유무 및 내강폐쇄 정도 등을 고찰함으로써 종괴의 성상을 구체적으로 평가할 수 있었다. 특히 완전 폐쇄가 있을 경우 공기를 주입하여 폐쇄 정도를 감소시키거나 완전 폐쇄가 있더라도 가상대장경카메라가 근위부로 진행하여 충분한 검사가 이루어질 수 있었다.

결론적으로 가상대장경소견은 대장종양을 평가함에 있어 기존의 진단방법인 바륨관장검사, 대장경검사 및 육안병리소견과 잘 연관되며, 종괴의 성상에 대한 삼차원적 정보를 제공하고 특히 내강폐쇄시 다른 검사로 접근이 안될 때 종괴를 관찰하고 평가하는데 유용하다.

참 고 문 헌

1. Dachman AH, Lieberman J, Osnis RB, et al. Small simulated polyps in pig colon: sensitivity of CT virtual colography. *Radiology* 1997; 203: 427-430
2. Hara AK, Johnson CD, Reed JE, et al. Detection of colorectal polyps by computed tomographic colography: Feasibility of a novel technique. *Gastroenterology* 1996; 110: 284-290
3. Hara AK, Johnson CD, Reed JE, Ehman RL, Ilstrup DM. Colorectal polyp detection with CT colography: Two-versus three-dimensional techniques. *Radiology* 1996; 200: 49-54
4. Kay CL, Evangelou HA. A review of the technical and clinical aspects of virtual endoscopy. *Endoscopy* 1996; 28: 768-775
5. Vining DJ, Gelfand DW, Bechtold RE, et al. Technical feasibility of colon imaging with helical CT and virtual reality (abstr). *AJR* 1994; 162(suppl): 104
6. Hara AK, Johnson CD, Reed JE. Colorectal lesions: Evaluation with CT colography. *RadioGraphics* 1997; 17: 1157-1167
7. Hara AK, Johnson CD, Reed JE, et al. Detection of colorectal polyps with CT colography: Initial assessment of sensitivity and specificity. *Radiology* 1997; 205: 59-65

Virtual Colonoscopy with Electron Beam CT : Correlation with Barium Enema, Colonoscopy and Pathology¹

Hye Suk Hong, M.D., Min-Jung Kim, M.D., Jae-Joon Chung, M.D.,
Myeong-Jin Kim, M.D., Jong Tae Lee, M.D., Hyung Sik Yoo, M.D.

¹Department of Diagnostic Radiology Yonsei University College of Medicine

Purpose: To perform virtual colonoscopy using electron beam tomography(EBT) in patients in whom a colonic mass was present, and to compare the results with those obtained using barium enema, colonoscopy and gross pathologic specimens.

Materials and Methods: Ten patients in whom colonic masses were diagnosed by either barium enema or colonoscopy were involved in this study. There were nine cases of adenocarcinoma and one of tubulovillous adenoma. Using EBT preoperative abdominopelvic CT scans were performed. Axial scans were then three-dimensionally reconstructed to produce virtual colonoscopic images and were compared with barium enema, colonoscopy and gross pathologic specimens. Virtual colonoscopic images of the masses were classified as either 1) polypoid, 2) sessile, 3) fungating, or 4) annular constrictive. We also determined whether ulcers were present within the lesions and whether there was obstruction.

Results: After virtual colonoscopy, two lesions were classified as polypoid, one as sessile, five as fungating and two as annular constrictive. Virtual colonoscopic images showed good correlation with the findings of barium enema, colonoscopy and gross pathologic specimens. Three of six ulcerative lesions were observed on colonoscopy; in seven adenocarcinomas with partial or total luminal obstruction, virtual colonoscopy visualized the colon beyond the obstructed sites. In one case, barium contrast failed to pass through the obstructed portion and in six cases, the colonoscope similarly failed.

Conclusion: Virtual colonoscopies correlated well with barium enema, colonoscopy and gross pathologic specimens. They provide three dimensional images of colonic masses and are helpful for the evaluation of obstructive lesions.

Index words: Colon, CT

Colon, neoplasms

Computed tomography (CT), image processing

Computed tomography (CT), three-dimensional

Images, analysis

Address reprint requests to: Hye Suk Hong, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Severance Hospital, # 134,
Shincheon-Dong, Seodaemun-Gu, Seoul, 120-752, Korea. Tel. 82-2-361-7774 Fax. 82-2-393-3035