

P. Bauerfeind

Abteilung für Gastroenterologie,
Universitätsspital Zürich

Die «virtuelle» Koloskopie: Back to the future?^{1, 2}

Summary

“Virtual colonoscopy”: back to the future?

“Virtual colonoscopy” is a new method of producing an endoscopic view of the colon without endoscopy. The images are derived from the data of conventional abdominal computer-tomography or magnetic resonance tomography, using modern computer programmes. The method makes it possible to detect colonic polyps or carcinomas with a sensitivity and

specificity of 80%. The most interesting application of “virtual colonoscopy” may be as a screening method for colorectal polyps in preventing the development of colorectal cancer. This may improve patient acceptance for colorectal cancer screening programmes.

Keywords: virtual colonoscopy; colonoscopy; colorectal cancer; screening; patient acceptance; compliance

Zusammenfassung

Die «virtuelle» Koloskopie ist eine Innenansicht der Kolons, die der endoskopischen Koloskopie sehr ähnlich ist. Die Bilder werden mit Hilfe von modernen Computerprogrammen aus den herkömmlichen Abdomenaufnahmen von Computertomographie oder Magnetresonanztomographie erzeugt. Die Methode erlaubt es, mit einer Sensitivität und Spezifität von etwa 80% Polypen und Tumore im Kolon zu erkennen. Die «virtuelle Koloskopie» ist vor

allem als Screening-Methode zur Erfassung von Kolonpolypen zur Verhütung des kolorektalen Karzinoms von grossem Interesse. Eventuell kann damit die bislang schlechte Akzeptanz herkömmlicher Screening-Verfahren verbessert werden.

Keywords: virtuelle Koloskopie; Koloskopie; kolorektales Karzinom; Screening; Patientenakzeptanz; Compliance

Was ist die «virtuelle Koloskopie»?

Die «virtuelle Koloskopie» basiert auf den Abdomenaufnahmen, die mit einem der beiden herkömmlichen Schnittbildverfahren, Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MR), gewonnen werden (Abb. 1). Aus den Daten der Schnittbilder wird dabei mit Hilfe von neuartigen Computerprogrammen eine Innenansicht des Kolons konstruiert. Die

Software erlaubt, dass der Betrachter am Bildschirm durch das Kolon «fliegt», wobei der Eindruck einer Koloskopie entsteht, was zu dem Begriff «virtuelle Koloskopie» führte. Die Methoden wurden erstmals 1996 [1] und 1997 [2] beschrieben. Das Verfahren kann mit jedem gängigen MR- oder CT-Gerät gemacht werden. Neu ist lediglich die Methode, das Ko-

1 Hauptreferat an der Jahresversammlung der Schweizerischen Gesellschaft für Gastroenterologie und Hepatologie (Zürich, 16.–18. September 1999)

2 Der Autor wurde unterstützt durch den Schweizerischen Nationalfonds Nr. 32-45998.95.

Korrespondenz:

PD Dr. med. Peter Bauerfeind
Abteilung für Gastroenterologie
Universitätsspital

Rämistrasse 100
CH-8091 Zürich

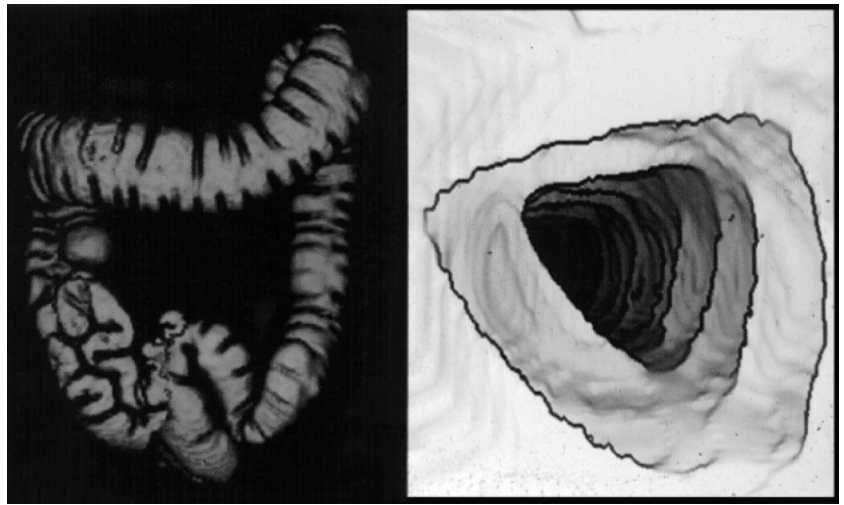
e-mail: peter.bauerfeind@dim.usz.ch

lon zu kontrastieren und die Software. Das Verfahren, aus einem ganzen Datensatz ein Hohlorgan einzeln «herauszunehmen», wird auch für die Lunge oder die Gefässe verwendet. Für die Beurteilung des Kolons werden

nicht nur die «virtuelle Koloskopie», sondern auch die herkömmlichen Schnittbilder herangezogen. Deshalb heisst die Methode in der radiologischen Literatur MR- oder CT-Kolonographie.

Abbildung 1

Die MR-Kolonographie erlaubt die dreidimensionale Darstellung des Kolons von aussen (linkes Bild) und von innen, die sogenannte virtuelle Koloskopie (rechtes Bild). Die Bilder wurden von Prof. J. Debatin, Radiologie, Universitätsspital Zürich, hergestellt.



Wie wird die «virtuelle Koloskopie» durchgeführt?

Für CT- und MR-Kolonographie muss der Patient genau wie bei der «wirklichen» Koloskopie vollständig abgeführt werden. Stuhlreste können Raumforderungen vortäuschen. Deshalb ist eine optimale Darmentleerung mindestens so wichtig wie vor einer Koloskopie, bei der der Untersucher Stuhlreste notfalls während der Untersuchung wegspülen kann. Für die MR-Kolonographie wird der Darm mit 2–3 Litern Wasser gefüllt, welches Gadolinium enthält. Danach werden MR-Aufnahmen in Bauch- und Rückenlage gemacht. Für die CT-

Kolonographie wird der Darm mit Luft gefüllt. Für die Aufnahmen muss der Patient zum Teil relativ lange die Luft anhalten (40 Sekunden), was bei alten Patienten manchmal schwierig ist. Die Gabe von i.v.-Kontrastmittel ist nicht unbedingt notwendig. Kontraindikationen für die Durchführung der MR-Kolonographie sind dieselben wie bei allen anderen MR-Aufnahmen (Schrittmacher, Metallteile im Körper). Die Auswertung der Daten erfolgt mit Hilfe der bereits beschriebenen Software nach Abschluss der Aufnahmen.

Welche Alternativen gibt es zur «virtuellen Koloskopie»?

Die wichtigste Alternative ist die technisch sehr ausgereifte endoskopische Koloskopie, die neben der Diagnostik auch die Biopsieentnahme und gegebenenfalls eine Polypektomie erlaubt. Die Koloskopie erreicht in 80–90% aller Patienten eine vollständige Darstellung des Kolons. Darmpolypen aller Grössen werden zu 80% erfasst [3] und können entfernt werden. Deshalb führt die Koloskopie, wenn sie bei Personen über 50 als Screening eingesetzt wird, zu einer 80prozentigen Reduktion der Kolonkarzinominzidenz [4, 5]. Die Koloskopie und insbesondere die Polypektomie sind invasive Untersuchungen, allerdings mit sehr niedrigem Risiko. Die Morbidität liegt bei rein diagnostischen Koloskopien unter 0,1%, mit einer

Mortalität von unter 0,01% [6–8]. Bei der Polypektomie sind die Risiken höher, vor allem für Blutungen und Perforationen. Die Morbidität liegt im Bereich von 1 bis 2% [7–9]. Die publizierten Studien mit Fallzahlen von etwa 1000 haben keine Mortalität berichtet.

Als rein bildgebendes Verfahren ist der klassische Doppelkontrasteinlauf mit Barium die Alternative zur «virtuellen Koloskopie». Der Doppelkontrasteinlauf hat zumindest in Europa wegen der Endoskopie sehr an Bedeutung verloren. Die Sensitivität ist von der Erfahrung des Untersuchers abhängig. Mit abnehmender Häufigkeit geht die Erfahrung langsam verloren. Dies mag ein Grund für die erschreckend schlechten Ergebnisse einer kürzlich publizier-

ten Studie sein, in der Ergebnisse von Doppelkontrasteinlauf und Koloskopie an einem grossen Kollektiv untersucht wurden. Polypen von 5 bis 10 mm wurden mit dem Doppelkontrasteinlauf in nur 50% entdeckt. Selbst grössere Polypen von über 5 mm wurden in 42% übersehen [10]. Dieses Ergebnis ist wesentlich schlechter als die Ergebnisse früherer Studien an kleinen Kollektiven. Die Ursache könnte neben sinkender Erfahrung auch darin liegen, dass die früheren Studien von einzelnen hoch motivierten, universitären Radiologen durchgeführt wurden. Die jetzt vorliegende Studie repräsentiert wahrscheinlich eher die Realität, da sie unter «Feldbedingungen» stattfand. Zum Screening für kolorektale Karzinome

oder Polypen gibt es daneben auch die Sigmoidoskopie und die Suche nach Blut im Stuhl. Die Sigmoidoskopie verringert das Auftreten von kolorektalen Karzinomen um 30% [11]. Es ist eine einfache und billige Methode, die in den USA von Allgemeinpraktikern und Schwestern durchgeführt wird [12]. Noch billiger und einfacher, aber am wenigsten sensitiv ist die Suche nach Blut im Stuhl. Trotz allen methodischen Einschränkungen führt sie zu einer Reduktion der Kolonkarzinommortalität um 10–20% [13, 14]. Viele nationale Fachgesellschaften empfehlen die Kombination von Sigmoidoskopie und die Suche nach Blut im Stuhl als Screening für kolorektale Karzinome.

Wie gut ist die «virtuelle Koloskopie»?

Die Leistungsfähigkeit der CT- oder MR-Kolonographie wurde in einer Reihe von Studien durch Vergleich mit der Koloskopie gemessen. Dabei wurde vor allem die Sensitivität und Spezifität zur Erfassung von Kolonpolypen oder Karzinomen bestimmt. Es gibt wesentlich mehr Studien zur CT-Kolonographie. Die Ergebnisse mit den beiden Methoden sind ähnlich. Die Sensitivität nimmt mit der Grösse der Polypen zu; Polypen unter 5 mm werden zur Hälfte verpasst, bei Polypen über 10 mm ist die Sensitivität bei 90% [15, 16]. Da die Malignität der Polypen mit der Grösse zunimmt, ist die schlechtere Sensitivität für kleine Polypen klinisch vertretbar, wenn man die Methode vor allem für das Screening einsetzen will. Die Durchführung der Untersuchung und damit die Qualität der Bilder scheint weniger von der Erfahrung des Untersuchers abhängig zu sein als bei der traditionellen Doppelkontrastuntersuchung. Die Auswertung hingegen erfordert eine gewisse Erfahrung und ist somit unter-

sucherabhängig, was eine gewisse Streubreite bei dem Vergleich von verschiedenen Untersuchern erklärt [17]. Es bestehen allerdings Bestrebungen, die Auswertung soweit zu automatisieren, dass Polypen mit Hilfe von intelligenter Software automatisch erkannt werden. Bislang aber ist die Methode untersucherabhängig. Vergleiche mit anderen Methoden legen die Vermutung nahe, dass die Qualität bei einer Anwendung ausserhalb von Studien wesentlich schlechter ist. Als Beispiel dafür kann die Koloskopie dienen, wo erfahrene Untersucher kaum sichtbare «flat adenomas» entdecken [18], aber bei Anwendung im breiten klinischen Alltag bis zu 20% der gut sichtbaren erhabenen Adenome übersehen werden [3]. Noch besser vergleichbar mit der «virtuellen Koloskopie» dürften die bereits erwähnten problematischen Ergebnisse des Doppelkontrasteinlaufs sein. Vor diesem Hintergrund muss man abwarten, was Studien an grossen Kollektiven bei breiter Anwendung ergeben.

Vergleich von CT- und MR-Kolonographie

Es liegen bislang keine Vergleichsstudien zu den beiden Methoden vor. Die Auflösung, und damit die maximale Sensitivität zur Erfassung von Läsionen, ist beim CT etwas höher. Allerdings sind die klinischen Daten aus den vorliegenden Studien vergleichbar, und man kann annehmen, dass dies klinisch nicht relevant ist. Von grösserer Bedeutung dürfte die subjektive Akzeptanz sein, vor allem, wenn man die Kolonographie als Screening-Methode einsetzen will. Vor diesem Hintergrund könnte es relevant sein, dass bei der CT-Kolonographie das

Kolon mit Luft gefüllt wird, während beim MR für die Füllung Wasser verwendet wird. Die Füllung mit Luft, insbesondere des Dünndarms, scheint eher zu krampfartigen Schmerzen zu führen; durch Verwendung von CO₂ anstelle von Luft kann diese Nebenwirkung gemildert werden, wie Erfahrungen bei der Verwendung von CO₂ in der Koloskopie gezeigt haben [19]. Hingegen ist die Füllung mit Flüssigkeit belastend, da der Patient versuchen muss, den Einlauf zu behalten, was vor allem bei alten Patienten ein Problem sein kann. Ein weiteres Ar-

gument für den Patienten könnte die fehlende Bestrahlung bei MR-Kolonographie sein. Eine CT-Kolonographie führt zu einer relevanten Bestrahlung [20]; dies ist vor allem zu beden-

ken bei Patienten, die sich freiwillig einem Screening unterziehen und dementsprechend gesundheitsbewusst sind.

Brauchen wir die «virtuelle Koloskopie»?

Das kolorektale Karzinom befällt 3–5% der Bevölkerung, aber es eignet sich wie kein anderes Karzinom zu Vorsorgemassnahmen. Mindestens 80% der kolorektalen Karzinome entwickeln sich über einen Zeitraum von 5 bis 10 Jahren aus anfangs harmlosen Polypen. Diese langsame Entwicklung über die sogenannte Adenom-Karzinom-Sequenz lässt viel Zeit zur Intervention. Die Entdeckung und Entfernung der Kolonpolypen verhindert 80% der Kolonkarzinome [5, 21]. Viele nationale Fachgesellschaften empfehlen aufgrund dieses Wissens Massnahmen zur Entdeckung von kolorektalen Polypen. Trotzdem ist es schwer Patienten und Ärzte zur Durchführung der Screening-Massnahmen zu bewegen [22]. Zum Teil liegt das daran, dass die wirkungsvollsten Massnahmen, Koloskopie oder Sigmoidoskopie, relativ invasiv sind und den Patienten abschrecken. Darin liegt die Chance der «virtuellen» Koloskopie. Ein Teil der Patienten, die

zwar einem Screening positiv gegenüberstehen, aber eine Endoskopie scheuen, könnten sich einer «virtuellen» Koloskopie zur Verfügung stellen. Die bisher vorliegenden Zahlen zur Sensitivität der virtuellen Koloskopie rechtfertigen deren Einsatz als Screening-Verfahren. Die Anwendung der Methode für andere Bereiche der Diagnostik des Kolons sind bislang nicht ausreichend erforscht. Die Methode stellt sicherlich einen Ersatz für den strahlenintensiven Doppelkontrasteinlauf dar, vor allem in den Fällen, in denen die Koloskopie versagt, zum Beispiel in Fällen, in denen das Zökum nicht erreicht wurde, oder bei unüberwindbaren Stenosen. Einzelne Berichte zum Einsatz bei entzündlichen Darmerkrankungen existieren bereits. Die Bedeutung der virtuellen Koloskopie bei der Abklärung und der Verlaufsbeurteilung dieser Patienten ist noch nicht klar. Allerdings könnte auch hier die geringere Invasivität einen Vorteil bieten.

Wie gut wird die «virtuelle Koloskopie» vom Patienten akzeptiert?

Die Akzeptanz durch den Patienten und die zureisenden Ärzte wird letztlich den Erfolg der Methode bestimmen, deren wichtigster Konkurrent, die Endoskopie, qualitativ sehr stark ist. Bislang liegen nur Studien zur Frage der Akzeptanz vor, deren Ergebnisse nur in Abstraktform publiziert sind. In zwei Arbeiten wurde die Akzeptanz der CT-Kolonographie mit der herkömmlichen Koloskopie verglichen. Dabei fand sich in einer der beiden Arbeiten eine bessere Akzeptanz der herkömmlichen Koloskopie, wobei die Patienten nach Abschluss beider Untersuchungen befragt wurden [23]. In der zweiten Arbeit bevorzugten die Patienten vor Durchführung der Untersuchungen die virtuelle Methode. Bei Befragung nach den Untersuchungen war der Vorteil der virtuellen Koloskopie verschwunden [24]. Gerade das Ergebnis der zweiten Arbeit ist von Interesse, da es eine positive Erwartungshaltung der Patienten für «virtuelle» Koloskopie zeigt, welche (hoffentlich) zur vermehrten Teilnahme am Screening führt. In unserer eigenen Untersuchung, in der die Patienten im Anschluss an eine MR-Ko-

lonographie und einer Koloskopie befragt wurden, zeigte sich ein kleiner Akzeptanzvorteil der virtuellen Methode [25]. Von grossem Interesse ist allerdings, dass der für die Patienten unangenehmste Teil der Untersuchung das Abführen war, was auch für die Durchführung der «virtuellen» Koloskopie notwendig ist. Aus diesem Grund sind die Patienten sicherlich nicht begeistert, wenn nach einer «virtuellen» Koloskopie wegen eines positiven Befunds für die dann notwendige Koloskopie das Abführen wiederholt werden muss. Das bedeutet, dass in der klinischen Routine die virtuelle Koloskopie sofort ausgewertet werden sollte und eine eventuell notwendige Koloskopie am selben Tage oder spätestens am nächsten Tag durchgeführt wird. Um das zu ermöglichen, ist es einerseits notwendig, die Auswertung der CT- oder MR-Kolonographie zu beschleunigen und andererseits Termine für eine eventuell notwendige Koloskopie offen zu haben, was vor allem in der Praxis ein gewisses logistisches Problem darstellen dürfte.

Kosten der «virtuellen» Koloskopie?

Die Kosten des Verfahrens sind zwar im Moment noch nicht festgelegt. Allerdings dürften sie sich im Bereich der Kosten für ein Abdomen-MR oder -CT bewegen. Von Interesse ist natürlich die vergleichende Betrachtung der Kosten für die alternativen Verfahren, sollte die virtuelle Koloskopie als Screening-Verfahren eingesetzt werden. Jedes Screening-Verfahren für kolorektale Polypen oder Karzinome zieht bei positivem Befund eine Koloskopie nach sich. Dementsprechend setzen sich die Gesamtkosten aus den Kosten des Screening-Verfahrens und den Kosten der nachfolgenden Koloskopien zusammen. Die Anzahl der Koloskopien hängt von der Häufigkeit positiver Ergebnisse des Screening-Verfahrens ab. Sie setzen sich aus richtig positiven und falsch positiven Ergebnissen zusammen. Diese Zahlen sind für

die «virtuelle» Koloskopie bekannt und wurden in einem Modell zur Berechnung der Kosten für das Screening von kolorektalen Polypen mittels «virtueller» Koloskopie eingesetzt [26]. Das Ergebnis zeigt, dass die «virtuelle» Koloskopie etwa 30% billiger sein muss als eine Koloskopie, um mit den Kosten für ein Screening mittels Koloskopie konkurrieren zu können. Das Ziel des Screenings ist aber nicht nur, Kosten zu sparen, sondern auch möglichst häufig Karzinome zu verhindern. Wenn dieses Ziel mit der herkömmlichen Endoskopie nicht erreicht wird, da die Patienten vor der Methode Angst haben, nützt Kostenneutralität wenig. Um möglichst viele Patienten vor der Entstehung des kolorektalen Karzinoms zu bewahren, müssen eventuell auch etwas höhere Kosten in Kauf genommen werden.

«Virtuelle Koloskopie»: Back to the future?

Zwei Aspekte werden die zukünftige Entwicklung dieser Methode beeinflussen: Die Durchführung der virtuellen Koloskopie ohne Darmvorbereitung und die Weiterentwicklung der Software. Die Bearbeitung und Auswertung der Bild-Daten hängt vollständig von der Software-Entwicklung ab. Diese ist, wie in vielen nicht-medizinischen Bereichen, enorm schnell und kann in Kürze neue Aspekte ergeben, die wir im Moment nicht abschätzen können. Wie bereits gezeigt, ist die Darmvorbereitung für die Patientenakzeptanz wesentlich.

Die Entwicklung einer «virtuellen» Koloskopie ohne Darmvorbereitung würde der Methode zum endgültigen Durchbruch verhelfen. Erste vielversprechende Ergebnisse dazu liegen vor [27]. Eine abschliessende Beurteilung der «virtuellen» Koloskopie ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich, da viele Entwicklungen noch nicht absehbar sind. Bereits jetzt ist die «virtuelle» Koloskopie eine vielversprechende Entwicklung, die es verdient in weiteren Studien eingesetzt zu werden.

Literatur

- Hara AK, Johnson CD, Reed JE, Ahlquist DA, Nelson H, Ehman RL, et al. Detection of colorectal polyps by computed tomographic colography: feasibility of a novel technique. *Gastroenterology* 1996;110:284–90.
- Luboldt W, Bauerfeind P, Steiner P, Fried M, Krestin GP, Debatin JF. Preliminary assessment of three-dimensional magnetic resonance imaging for various colonic disorders. *Lancet* 1997;349:1288–91.
- Rex DK, Cutler CS, Lemmel GT, Rahmani EY, Clark DW, Helper DJ, et al. Colonoscopic miss rates of adenomas determined by back-to-back colonoscopies. *Gastroenterology* 1997;112:24–8.
- Hoff G, Saunar J, Vatn MH, Larsen S, Langmark F, Moen IE, et al. Polypectomy of adenomas in the prevention of colorectal cancer: 10 years' follow-up of the Telemark Polyp Study I. A prospective, controlled population study. *Scand J Gastroenterol* 1996;31:1006–10.
- Winawer SJ, Zauber AG, Ho MN, O'Brien MJ, Gottlieb LS, Sternberg SS, et al. Prevention of colorectal cancer by colonoscopic polypectomy. *N Engl J Med* 1993;329:1977–81.
- Macrae FA, Tan KG, Williams CB. Towards safer colonoscopy: a report on the complications of 5000 diagnostic or therapeutic colonoscopies. *Gut* 1983;24:376–83.
- Reiertsen O, Skjoto J, Jacobsen CD, Rosseland AR. Complications of fiberoptic gastrointestinal endoscopy – five years' experience in a central hospital. *Endoscopy* 1987;19:1–6.
- Habr Gama A, Waye JD. Complications and hazards of gastrointestinal endoscopy. *World J Surg* 1989;13:193–201.
- Waye JD, Lewis BS, Yessayan S. Colonoscopy: a prospective report of complications. *J Clin Gastroenterol* 1992;15:347–51.
- Winawer SJ, Stewart ET, Zauber AG, Bond JH, Ansel H, Waye JD, et al. A comparison of colonoscopy and double-contrast barium enema for surveillance after polypectomy. National Polyp Study Work Group. *N Engl J Med* 2000;342:1766–72.
- Selby JV, Friedman GD, Quesenberry CP Jr, Weiss NS. A case-control study of screening sigmoidoscopy and mortality from colorectal cancer. *N Engl J Med* 1992;326:653–7.
- Schoenfeld P, Lipscomb S, Crook J, Dominguez J, Butler J, Holmes L, et al. Accuracy of polyp detection by gastroenterologists and nurse endoscopists during flexible sigmoidoscopy: a randomized trial. *Gastroenterology* 1999;117:312–8.
- Hardcastle JD, Chamberlain JO, Robinson MH, Moss SM, Amar SS, Balfour TW, et al. Randomised controlled trial of faecal-occult-blood screening for colorectal cancer. *Lancet* 1996;348:1472–7.

- 14 Kronborg O, Fenger C, Olsen J, Jorgensen OD, Sondergaard O. Randomised study of screening for colorectal cancer with faecal-occult-blood test. *Lancet* 1996;348:1467-71.
- 15 Fenlon HM, Nunes DP, Schroy PC 3rd, Barish MA, Clarke PD, Ferrucci JT. A comparison of virtual and conventional colonoscopy for the detection of colorectal polyps. *N Engl J Med* 1999;341:1496-503.
- 16 Luboldt W, Bauerfeind P, Wildermuth S, Marincek B, Fried M, Debatin JF. Colonic masses: detection with MR colonography. *Radiology* 2000;216:383-8.
- 17 Pescatore P, Glücker T, Delarive J, Meuli R, Pantoflickova D, Duvoisin B, et al. Diagnostic accuracy and interobserver agreement of CT colonography (virtual colonoscopy). *Gut* 2000;47:126-30.
- 18 Rembacken BJ, Fujii T, Cairns A, Dixon MF, Yoshida S, Chalmers DM, et al. Flat and depressed colonic neoplasms: a prospective study of 1000 colonoscopies in the UK. *Lancet* 2000;355:1211-4.
- 19 Stevenson GW, Wilson JA, Wilkinson J, Norman G, Goodacre RL. Pain following colonoscopy: elimination with carbon dioxide. *Gastrointest Endosc* 1992;38:564-7.
- 20 Dixon AK, Dendy P. Spiral CT: how much does radiation dose matter? *Lancet* 1998;352:1082-3.
- 21 Muller AD, Sonnenberg A. Prevention of colorectal cancer by flexible endoscopy and polypectomy. A case-control study of 32,702 veterans. *Ann Intern Med* 1995;123:904-10.
- 22 Sharma VK, Vasudeva R, Howden CW. Colorectal cancer screening and surveillance practices by primary care physicians: results of a national survey. *Am J Gastroenterol* 2000;95:1551-6.
- 23 Akerkar GA, Hung RK, Yee J, Terdiman JP, McQuaid KR. Virtual colonoscopy: real pain. *Gastroenterology* 1999;116:A44.
- 24 Pineau BC, Sevick MA, Mikulaninec C, Vining DJ. Evaluation of patient preference: virtual colonoscopy versus endoscopy. *Gastroenterology* 1999;118:A486.
- 25 D'Abbraccio F, Luboldt W, Debatin JF, Marincek B, Fried M, Bauerfeind P. Acceptance of virtual colonoscopy. *Digestive Diseases Week, May 1999, Orlando, USA; 1999.*
- 26 Sonnenberg A, Delco F, Bauerfeind P. Is virtual colonoscopy a cost-effective option to screen for colorectal cancer? *Am J Gastroenterol* 1999;94:2268-74.
- 27 Weishaupt D, Patak MA, Froehlich J, Ruehm SG, Debatin JF. Faecal tagging to avoid colonic cleansing before MRI colonography. *Lancet* 1999;354:835-6.