

Wirtualna kolonoskopia CT — nowa metoda oceny patologii jelita grubego

Virtual colonoscopy — a new method for estimating the pathology of the large intestine

Tomasz Lebda-Wyborny^{1,2}, Anna Barczyk², Joanna Pilch-Kowalczyk²

¹Katedra Radiologii i Medycyny Nuklearnej, Śląski Uniwersytet Medyczny, Katowice (Department of Radiology and Nuclear Medicine — Medical University of Silesia, Katowice, Poland)

²Zakład Radiodiagnostyki i Medycyny Nuklearnej, SP Centralny Szpital Kliniczny, Katowice (Department of Radiodiagnostics and Nuclear Medicine — Central Clinical Hospital, Katowice, Poland)

Streszczenie

Wirtualna kolonoskopia CT (VC, *virtual colonoscopy*) jest nowoczesną metodą diagnostyczną pozwalającą na trójwymiarowe odwzorowanie ścian i wnętrza jelita grubego w wyniku rekonstrukcji obrazów spiralnej tomografii komputerowej. Rola diagnostycznej wirtualnej kolonoskopii w diagnostyce jelita grubego systematycznie rośnie, a w wielu ośrodkach światowych VC jest wykonywana jako test przesiewowy u pacjentów w grupach wysokiego ryzyka powstania raka jelita grubego.

Kluczową kwestią dla poprawnej interpretacji wykonanego badania jest poprawne przygotowanie pacjenta oraz doświadczenie interpretującego badanie radiologa. Częstą przyczyną błędów diagnostycznych są błędy techniczne, związane z nieprawidłowym przygotowaniem pacjenta do badania (zaleganie mas kałowych i płynu). Protokół badania różni się w badaniu przesiewowym i w badaniu diagnostycznym. Pełna ocena badania obejmuje ocenę toposcenu, obrazów poprzecznych, traktowanych zawsze jako obrazy referencyjne, ocenę rekonstrukcji wielopłaszczyznowych oraz opcje trójwymiarowe — między innymi algorytmy 3D typu navigator. Nowością poprawiającą skuteczność interpretacji wyników jest diagnoza wspomagana komputerowo (CAD, *computer aided diagnosis*).

Wirtualna kolonoskopia jest bezpieczną i dobrze tolerowaną przez pacjentów metodą diagnostyczną pozwalającą na wczesne wykrywanie zmian przedrakowych z czułością i specyficznością porównywalną z klasyczną kolonoskopią, wraz z równoczesową oceną zmian pozajelitowych. Metoda ta ma szansę stanowić alternatywę dla klasycznej kolonoskopii w badaniach przesiewowych i powinna zastąpić klasyczne badanie dwukontrastowe jelita grubego w procesie diagnostycznym pacjenta z podejrzeniem choroby nowotworowej lub polipów jelita grubego.

Słowa kluczowe: kolonoskopia wirtualna TK, kolonografia TK, rak jelita grubego, polipy jelita grubego, diagnoza wspomagana komputerowo

Chirurgia Polska 2008, 10, 88–100

Abstract

CT virtual colonoscopy (VC) is a modern diagnostics method which enables 3D view of walls and internal space of the colon as a result of reconstruction of helical CT images. Its role in diagnosis of pathologies of the colon systematically increases, and in many medical centers of the world is carried out as a screening test in patients with high risk of colon cancer.

The key for the proper interpretation of this procedure is the patients preparation for the examination and the experience of evaluating radiologist. Common causes of the misinterpretation are technical errors linked with improper patients preparation (fecal mass and fluid attenuation). Protocol of the examination differs in screening and in diagnostic examination. Full evaluation includes the evaluation of toposcans, axial images (which are always reference images), multiplanar reconstructions and 3D options — amongst the others navigator type reconstructions. Novelty in this field, which improves the proper evaluation, is the computer aided diagnosis (CAD).

Virtual colonoscopy is safe and well tolerated in patients diagnostic method which permits early detection of pre cancer pathologies with specificity and sensitivity similar to classical colonoscopy, but also enables the possibility of evaluating extra colon lesions. This method can be an reasonable alternative for classical colonoscopy in screening and should take place of double contrast barium enema in evaluating the patient with probable colon cancer or polyps.

Key words: virtual colonoscopy, CT colonography, colon cancer, colon polyps, computer aided diagnosis (CAD)
Polish Surgery 2008, 10, 88–100

Wirtualna kolonoskopia CT (VC, *virtual colonoscopy*) jest nowoczesną metodą diagnostyczną pozwalającą na trójwymiarowe odwzorowanie ścian i wnętrza jelita grubego w wyniku rekonstrukcji obrazów spiralnej tomografii komputerowej (CT, *computed tomography*). W piśmiennictwie anglojęzycznym najczęściej używana jest nazwa CT *colonography*, która nawiązuje do tradycyjnej kolonografii z użyciem podwójnego środka kontrastowego. W ostatnich dziesięciu latach stały się postępy techniczny i wzrost dostępności pozwolił zmienić się tej metodzie w potężne narzędzie w rękach doświadczonych diagnostów.

Mnogość chorób jelita grubego i różnorodność ich objawów skutkuje koniecznością precyzyjnego doboru metod diagnostycznych do obrazu klinicznego. Wśród chorób jelita grubego najczęściej występującymi są nowotwory jelita grubego, polipy, uchyłki i choroby zapalne. Wśród zmian ogniskowych jelita grubego najczęstsze są polipy nienowotworowe jelita grubego, dzielące się na polipy rzekome (zapalne), polipy hiperplastyczne, limfatyczne oraz hamartomatyczne. Polipy nowotworowe dzielą się z kolei na nabłonkowe (cewkowe, kosmkowe i mieszane) oraz mezenchymalne (*lipoma*, *angioma* i inne). Uchyłki jelita grubego na ogół nie stanowią problemu diagnostycznego, choć oczywiście mogą być źródłem krwawienia i częstą lokalizacją procesów zapalnych. Termin choroby zapalne jelit (IBD, *inflammatory bowel disease*) obejmuje przede wszystkim *colitis ulcerosa* i chorobę Leśniowskiego-Crohna, a także kilka rzadszych jednostek.

Aktualnie największy koszt społeczny przypada oczywiście na raka jelita grubego i to głównie na to schorzenie ukierunkowane są wysiłki diagnostyczne i badania przesiewowe. Częstość zajęcia prawej i lewej połowy jelita grubego przez raka okrężnicy i odbytnicy jest podobna, przy czym w ostatnich latach obserwuje się tendencję do częstszego, niż było opisywane wcześniej, zajmowania wstępnicy i kątnicy [1, 2]. Dokładna statystyka przedstawia się następująco: raki wstępnicy i kątnicy — 38%, poprzecznicy — 18%, zstępnicy — 8%, esicy i odbytnicy — 35%. Brakujący 1% stanowią raki pierwotnie wieloogniskowe [3].

W Polsce w 2000 roku zapadalność na raka jelita grubego zajmowała drugie miejsce wśród nowotworów złośliwych, zarówno u kobiet jak i u mężczyzn, wynosząc odpowiednio 10,3% i 10,4%. Współczynnik zachorowalności wynosił odpowiednio dla mężczyzn — dla raka okrężnicy i dla raka odbytnicy 12,4% i 9,6% oraz dla ko-

Virtual colonoscopy (VC) is a modern diagnostic method that allows one to inspect the projecting walls and interior of the large intestine in three-dimensional view as a result of helical computerized tomography image reconstruction. In English-language papers the most often used name for this is CT colonography, which refers to traditional colonography with the usage of a double contrast medium. In the last decade, regular technological progression and increased accessibility has allowed this method to change into a powerful instrument when in the hands of an experienced radiologist.

Both the multitude of diseases affecting the large bowel and the variety of their symptoms create the necessity of choosing diagnostic methods which precisely match the clinical picture. Among large bowel diseases, the most frequently occurring are neoplasms, polyps, diverticula and inflammatory diseases. Among focal changes of the large bowel, the most common are non-neoplastic polyps that can be divided into false polyps (inflammatory), hyperplastic polyps, lymphatic polyps and hamartoma polyps (juvenile). Neoplastic polyps are divided into epithelial polyps (tubular, villous and mixed type) as well as mesenchymal polyps (lipoma, angioma and others). Diverticula of the large bowel do not present a diagnostic problem in general, although they can be the source of bleeding and often are the site of inflammation. The term 'inflammatory bowel disease' (IBD) includes ulcerative colitis (*colitis ulcerosa*) and Crohn's disease first of all, as well as several rarely occurring diseases.

At present, the biggest social expenses fall obviously on cancer of the large bowel and all diagnostic and screening efforts are directed generally towards this disease. Cancer of colon and rectum are present with a similar frequency in the left and right half of the large bowel, although a tendency for them to be located more often in the ascending colon and caecum has been observed in last few years than that described earlier [1, 2]. The precise statistics are as follows: cancer of ascending colon and caecum — 38%, transverse colon — 18%, descending colon — 8%, sigmoid and rectum — 35%. Primary multi-focal cancers comprise the remaining 1% [3].

In Poland in the year 2000, the incidence of large bowel cancer occupied second position among malignant neoplasms, both in men and women, and

biet 8,7% i 5,3% [4]. Zapadalność zwiększa się z wiekiem i jest największa w grupie 75–79 lat u mężczyzn i 80–84 lat u kobiet [4]. Prawie 98% nowotworów złośliwych jelita grubego to raki gruczolowe.

Rośnie również rola badań przesiewowych w profilaktyce raka jelita grubego. Z powodu naturalnej progresji z polipa do raka skuteczne badanie przesiewowe i wczesna diagnoza mają znaczący efekt w zmniejszaniu śmiertelności pacjentów. Tradycyjne metody diagnostyczne jelita grubego obejmują test na obecność krwi utajonej, rektosigmoidoskopię, wlew dwukontrastowy oraz kolonoskopię. Każda z tych metod posiada zarówno zalety, jak i poważne ograniczenia.

Test na obecność krwi utajonej jest najtańszym badaniem, ale jego czułość jest niska, głównie z uwagi na fakt, że wiele, nawet dużych, polipów gruczolowych nie wykazuje cech krwawienia. Dotyczy to również raków rozwijających się podśluzówkowo. Duża jest również liczba wyników fałszywie dodatnich, zwłaszcza ze względu na możliwość krwawienia z innych niż jelito grube pięter przewodu pokarmowego. Rektosigmoidoskopia z kolei oferuje jedynie ocenę dystalnego odcinka jelita grubego, co w sposób oczywisty jest poważnym ograniczeniem tej metody. Klasyczny wlew dwukontrastowy jest mało czuły w wykrywaniu polipów (ok. 50% dla polipów o wielkości 1 cm i większych) [5, 6], natomiast jest jedynym badaniem pozwalającym na dynamiczną ocenę funkcji perystaltycznej jelita grubego. Oczywiście niestety jest związany ze znacznym narażeniem na promieniowanie rentgenowskie [7, 8] oraz poważnym dyskomfortem pacjentów w trakcie badania, co sprawia, że obecnie to badanie jest wykonywane coraz rzadziej. Klasyczna kolonoskopia pozwala na najdokładniejszą i bezpośrednią ocenę jelita i jego błony śluzowej wraz z możliwością wykonania biopsji i/lub całkowitego usunięcia w przypadku drobnych zmian. Metoda ta posiada jednak poważne ograniczenia, w tym konieczność sedacji, ryzyko krwawienia i perforacji (0,1–0,3% przypadków) [8], brak możliwości wykonania pełnego badania ze względu na zwężenia i uchyłki u 5–10% pacjentów [5, 9, 10] oraz wysoki koszt.

Dlatego też rola VC w diagnostyce jelita grubego systematycznie rośnie. W wielu światowych ośrodkach traktowana jest ona również jako równoprawny z klasyczną kolonoskopią test przesiewowy w grupach wysokiego ryzyka, pozwalający na wczesne wykrywanie zmian przedrakowych z czułością i specyficznością porównywalną z klasyczną kolonoskopią [8, 11]. Jest ona lepiej tolerowana przez pacjentów [12], czas trwania procedury jest krótszy, mniejsze [13], wręcz kazuistyczne jest ryzyko powikłań [14] oraz dodatkowo pozwala na uwidocznienie zmian pozajelitowych [15–17]. Główną wadą VC jest narażenie na promieniowanie RTG, aczkolwiek stały postęp techniczny i wprowadzanie nowych protokołów badania ze zmniejszoną dawką promieniowania [18] pozwalają znacząco zmniejszyć związane z tym ryzyko. Wady i zalety VC w porównaniu z klasyczną przedstawiono w tabelach I i II.

Należy w tym miejscu wyraźnie podkreślić, że metoda wykonywania badania w przypadku potwierdzone-

Tabela I. Zalety wirtualnej koloskopii w porównaniu z klasyczną
Table I. Advantages of virtual colonoscopy in comparison with standard examination

• Nie wymaga sedacji/ <i>Does not require sedation</i>
• Jest bardziej akceptowana przez pacjentów/ <i>More accepted by patients</i>
• Krótszy czas badania/ <i>Shorter duration of examination</i>
• Mniejsze ryzyko perforacji / <i>Lower risk of perforation</i>
• Wymaga niewielkiej współpracy ze strony pacjenta <i>Does not require high level of cooperation from patient</i>
• Pozwala na ocenę stopnia zaawansowania procesu nowotworowego w systemie TNM (naciek na ścianę jelita i tkankę tłuszczową okolicyjelitową, zajęcie węzłów chłonnych, oraz ocena przerzutów odległych) <i>Allows one to estimate the stage of neoplasm progression according to the TNM classification (infiltration on the bowel walls and fatty tissue in surroundings, involvement of the lymph nodes and estimation the distant metastases)</i>
• Pozwala na precyzyjną (dokładniejszą od klasycznej kolonoskopii) ocenę lokalizacji zmiany przed zabiegiem operacyjnym — umożliwia podanie operatorowi dokładnej odległości od odbytu w centymetrach <i>Allows one to precisely locate (more precisely than a standard colonoscopy) tumor localization before surgical procedure — enables one to estimate for the surgeon the precise distance, measured in centimetres, from the anus</i>
• Pozwala na ocenę jelita za miejscem zwężenia nieprzepuszczającego endoskopu <i>Allows one to assess the bowel beyond the strictures that do not let an endoscope through</i>
• Ocena zmiany śród- i pozajelitowej/ <i>Evaluation of intra and extra-mucosal lesions</i>
• Różnicowanie zmian śródściennych od ucisku z zewnątrz <i>Differentiation in intramural changes from pressure from outside</i>
• Równoczesna ocena zmian pozajelitowych (inne schorzenia jamy brzusznej i miednicy małej wymagające dalszej diagnostyki lub interwencji chirurgicznej) <i>Simultaneous assessment of lesions localized outside the bowel (some other diseases of the abdominal cavity and minor pelvis require further diagnostics or surgical procedures)</i>
• Możliwość zdiagnozowania zmiany synchronicznej/ <i>Possibility of diagnosing synchronous lesions</i>
• Coraz większa dostępność i mniejszy koszt/ <i>Increasing accessibility and decreasing cost</i>
• Dawka promieniowania niższa w porównaniu z klasycznym badaniem dwukontrastowym jelita grubego o około 20% <i>Dosage of radiation is lower in comparison with standard double contrast enema by around 20%</i>
• Możliwość badania pacjentów, którzy z powodu schorzeń układu krążenia lub układu oddechowego nie kwalifikują się do badania klasycznego <i>Possibility of examining patients who, because of cardio-vascular or respiratory diseases, do not qualify to undergo a standard examination</i>
• Możliwość badania pacjentów leczonych środkami przeciwkrzepliwymi oraz uczulonych na środki znieczulające <i>Possibility of examining patients who are treated with anticoagulants and are allergic to anaesthetics</i>
• Możliwość badania pacjentów z licznymi zrostami pooperacyjnymi lub dużą przepukliną <i>Possibility of examining patients with numerous postoperative adhesions or large hernia</i>
• Możliwość badania pacjentów niewyrażających zgody na badanie klasyczne <i>Possibility of examining patients who refuse to give consent to undergo a standard examination</i>
• Archiwizacja badania umożliwiająca jego ponowną ocenę w przypadkach wątpliwych <i>Recording the examination allows one further evaluation in borderline cases</i>

amounted to 10.3% and 10.4% respectively. The morbidity rate in men for colon and rectum cancers amounted to 12.4% and 9.6%, and in women 8.7% and 5.3% respectively [4]. Moreover, its incidence increases along with age and is highest in men between 75 and 79 years and in women between 80 and 84 years [4].

Tabela II. Wady wirtualnej koloskopii w porównaniu z klasyczną
Table II. Disadvantages of virtual colonoscopy in comparison with standard examination

• Narażenie na promieniowanie jonizujące/ <i>Exposure to ionizing radiation</i>
• Brak możliwości pobrania wycinka/ <i>No possibility to take a specimen</i>
• Brak możliwości oceny koloru błonki jako wykładnika perfuzji (jedynie pośrednia ocena ukrwienia na podstawie wzmocnienia po dożylnym podaniu kontrastu) <i>No possibility to estimate the colour of the mucous membrane as the exponent of perfusion (only indirect evaluation of the blood supply on the basis of intensification after intravenous contrast medium injection)</i>
• Uczulenie na dożylny środek kontrastowy może być przeciwwskazaniem do wykonania badania <i>Allergy to intravenous contrast medium may be one of the contraindications for this method</i>

go lub wysoce prawdopodobnego raka jelita grubego różni się znacząco od badania przesiewowego. Kolonoskopię przesiewową CT można wykonać przy zastosowaniu mniejszej dawki promieniowania i bez dożylnego podania kontrastu [2, 18]. Dożylny podanie środka kontrastowego jest natomiast rutynowo stosowane w ocenie stopnia zaawansowania choroby nowotworowej. Ocena stopnia zaawansowania procesu nowotworowego w przypadku raka jelita grubego w przeciwieństwie do innych guzów, zależy bardziej od stopnia inwazji ściany niż od rozległości ogniska pierwotnego [2]. Klasyczna kolonoskopia w przeciwieństwie do VC nie daje pełnej możliwości oceny stopnia naciekania ściany oraz nie pozwala na ocenę węzłów chłonnych. Dodatkowo VC pozwala na ocenę przerzutów odległych i zajęcia przylegających narządów, co skutkuje możliwością precyzyjnej kwalifikacji w systemie TNM i w konsekwencji ułatwia podjęcie decyzji o sposobie leczenia pacjenta. Warto zaznaczyć, że w VC stopnie zaawansowania T1 i T2, ze względu na trudności w ich odróżnieniu, najczęściej oceniane są łącznie [19]. Zgodność wyników klasyfikacji TNM w porównaniu z przeprowadzonym później badaniem histopatologicznym wynosi 95% dla cechy T, 85% dla cechy N oraz 100% dla cechy M [19].

Wyniki ostatnich badań sugerują 83-procentową skuteczność VC w ocenie nacieku na ścianę jelita i 80-procentową skuteczność oceny powiększenia węzłów chłonnych [2]. Wzrasta rola VC w poszukiwaniu ogniska raka synchronicznego oraz w ocenie raków prawej połowy okrężnicy, których liczba systematycznie wzrasta, a słabiej wyrażone dolegliwości kliniczne opóźniają ich diagnozę [2].

Dodatkową zaletą VC jest uwidocznienie zmian pozajelitowych, które mogą być zarówno związane z chorobą podstawową, jak i mogą być objawem zupełnie innych, utajonych do tej pory schorzeń. Według różnych źródeł ilość zmian pozajelitowych waha się od 45 do 63% ogółu diagnozowanych pacjentów [8, 15–17], przy czym 11–23% wykrytych zmian stanowią zmiany istotne klinicznie [8, 15–17]. Sumarycznie daje to około 10-procentową szansę rozpoznania istotnej patologii u pacjenta, u którego nie występują dolegliwości przez nią spowodowane. Dane te

Almost 98% of large bowel malignant neoplasms are adenocarcinomas.

The significance of screening examinations in the prevention of large bowel cancers is also rising. Because of the natural progression from polyp to cancer, effective screening examinations and early-established diagnosis have a significant effect in decreasing the mortality rate. Traditional diagnostic methods concerning the large intestine include latent blood in stools testing, recto-sigmoidoscopy, double contrast enema and colonoscopy. Each of these methods have both some advantages and important limitations.

Latent blood in stools testing is the cheapest examination but its sensitivity is low, generally due to the fact that many, even large, adenomatous polyps do not reveal any features of bleeding. This also concerns cancers that develop submucosally. There is also large number of false positive results, especially because of the possibility of bleeding from stages of alimentary tract other than the large bowel. Although recto-sigmoidoscopy offers visualization, this concerns only the distal part of large bowel which is obviously a major limitation of this method. While a standard double contrast enema has a low sensitivity for polyp detection (around 50% for polyps 1 cm in size or bigger) [5, 6], it is the only examination that dynamically assesses peristaltic movements of the large bowel. As it is unfortunately connected with significant exposure to X-ray radiation [7, 8] and with severe patient discomfort during examination, this procedure is currently rarely performed. Standard colonoscopy allows one to make the most precise and direct assessment of the large bowel and its mucous membrane, and presents one with the possibility to take a biopsy and/or total removal, in cases of small lesions. This method has also some important limitations, including the necessity of sedation, the risk of bleeding and perforation (0.1–0.3% of cases) [8], the impossibility of performing a whole examination because of constrictions and diverticula in 5–10% of cases [5, 9, 10] and the high cost of this procedure.

Therefore, the role of virtual colonoscopy in diagnostics of the large bowel is systematically increasing. In many health centers around the world, this method is also treated as equal to standard colonoscopy and as a screening test in high-risk patients allowing the early detection of precancerous lesions with a level of sensitivity and specificity comparable to standard colonoscopy [8, 11]. Moreover, this method is better tolerated by patients [12], the duration of the procedure is shorter, the risk of complications is lower almost casuistic [14] and, additionally, allows one to visualize changes that are localized outside the lumen of the bowels [15–17]. The main disadvantage of virtual colonoscopy is exposure to X-ray radiation, although continual technological progress and the introduction new procedures of examination with lower doses of radiation [18] allow one significantly decrease the risk connected with it. The disadvantages and advantages of virtual colonoscopy in comparison with standard colonoscopy are listed in Tables I and II.

Tabela III. Wskazania do diagnostycznego VC
Table III. Indications for diagnostic virtual colonoscopy

• Zwężenie światła uniemożliwiające wykonanie badania CC <i>Strictures of the bowel that make it impossible to perform a standard colonoscopy</i>
• Chorzy po naświetlaniu jamy brzusznej z ryzykiem perforacji <i>Patients after irradiation within the abdominal cavity because of the risk of perforation</i>
• Pacjenci, u których CC jest przeciwwskazana (zapalenie uchyłków, ostra faza zapalenia jelita grubego) <i>Patients with contraindications for a standard colonoscopy (diverticulitis, acute phase of large bowel inflammation)</i>
• Ocena wznowy miejscowej po zabiegu operacyjnym/<i>Evaluation of local recurrence after surgical procedure</i>
• Ocena węzłów chłonnych, przerzutów do wątroby i otrzewnej <i>Assessment of the lymph nodes, metastases to the liver and peritoneum</i>
• Badanie przesiewowe u pacjentów z grupy ryzyka/<i>Screening in high-risk group patients</i>

nie dotyczą oczywiście przesiewowej VC, gdyż wtedy stosuje się mniejszą dawkę promieniowania, co skutkuje zwiększeniem poziomu szumów oraz nie stosuje się rutynowo dożylnego podania środka kontrastowego.

Wśród istotnych klinicznie znalezisk pozajelitowych najczęściej obserwuje się tętniaka aorty brzusznej o średnicy powyżej 4 cm, patologiczną masę w nadnerczach, nerkach, wątrobie lub śledzionie, guzek w segmentach przypodstawnych płuc, marskość wątroby oraz wodonercze. Najczęstsze zmiany niewymagające dalszej diagnostyki ani interwencji chirurgicznej obejmowały torbiele nerek i wątroby, naczyniaki wątroby, kamicę pęcherzyka żółciowego, splenomegalię, stłuszczenie wątroby oraz powiększenie gruczołu krokowego. Z wczesnego wykrycia zmian pozajelitowych wypływają oczywiście liczne korzyści, w tym możliwość radykalnego leczenia, zmniejszenie śmiertelności, obniżenie kosztów terapii oraz obniżenie kosztów diagnostyki dzięki wykonaniu jednej procedury (jednocześnie ocena narządów mięszowych i jelita w CT) [15].

Kluczową kwestią dla poprawnej interpretacji wykonanego badania i uniknięcia możliwych błędów jest oczywiście poprawne przygotowanie pacjenta. Dlatego szczególnie istotne jest rzeczowe poinformowanie pacjenta, w zrozumiały dla niego sposób, o znaczeniu zagadnienia. W piśmiennictwie funkcjonuje wiele równoważnych sposobów przygotowania pacjenta do badania, w praktyce każdy ośrodek dostosowuje metodę do swoich potrzeb i doświadczeń [8, 20–22]. Standardem jest oczywiście dieta ubogoresztkowa, a następnie wyczyszczenie jelita z mas kałowych preparatem zawierającym polietylen glikolu lub nawet lepsze, ze względu na mniejsze następce zaleganie płynu, przygotowanie preparatem fosforanu sodu (w Polsce niedostępne). W dniu badania pacjent powinien pozostawać na czczo.

Technika wykonania badania różni się istotnie w przypadku badania diagnostycznego i przesiewowego, co skutkuje inną rozdzielczością metody w aspekcie zmian pozajelitowych i możliwości stagingu, ale obejmuje istotną redukcję dawki promieniowania dla badań przesiewowych. Wskazania do VC dla badań diagnostycznych oraz przesiewowych wyszczególniono w tabelach III oraz IV.

It is necessary to clearly emphasize at this point that the methodology of this examination, in cases of already confirmed or highly probable cancer of the large bowel, differs significantly from a screening examination. Virtual colonoscopy as a screening examination can be performed using a lower dose of radiation and without intravenous contrast medium application [2, 18]. Intravenous contrast medium injection is a routine procedure in the assessment of the stage of neoplasm progression. Evaluation of the stage of progression in the neoplastic process in cases of large bowel cancer depends more, in contrast to other tumors, on the degree of wall invasion than primary focus extent [2]. A standard colonoscopy, in contrast to a virtual colonoscopy, does not allow one the complete possibility of evaluating the degree of wall infiltration and does not allow one to assess lymph nodes. Additionally, virtual colonoscopy allows one to evaluate distant metastases and the involvement the adjacent organs, thereby creating the possibility of precise qualification in the TNM classification and, in consequence, facilitating one to make a decision about the method of treatment of the patient. It is worth saying that in virtual colonoscopy stages T1 and T2, because of the difficulty in distinguishing them, they are most often are classified together [19]. The conformity of results in TNM classification in comparison to a histopathologic examination performed later, amounts to 95% for T parameter, 85% for N parameter and 100% for M parameter [19].

The latest studies suggest an 83% effectiveness rate of virtual colonoscopy in estimating intestinal wall infiltration, and 80% in evaluating the enlargement of lymph nodes [2]. The role of virtual colonoscopy is increasing in the field of searching for the focus of synchronous cancer. Moreover, in the evaluation of cancers of the right half of the colon that amount is systematically rising and poorly expressed clinical ailments delay the correct diagnosis [2].

An additional advantage of virtual colonoscopy is the visualization of changes localized outside the bowel that may be connected with the basic disease and also may be the expression of completely different illnesses, which have so far been latent. According to various sources, amounts of extraintestinal changes vary from 45 to 63% among all examined patients [8, 15–17], although 11–23% of them are clinically important changes [8, 15–17]. Overall, this gives one around a 10% chance for diagnosing a significant pathology in a patient, who has not been complaining of any ailments caused by this change. These data do not, of course, concern virtual colonoscopy performed as a screening examination. This is because the dose of radiation is smaller, thereby the level of noise is higher and intravenous contrast medium injection is not a routine procedure.

Among important clinically extraintestinal finds the most frequently observed are: aneurysm of an abdominal aorta over 4 cm in diameter, a pathologic mass within the adrenal glands, kidneys, liver or spleen, a tumor in the basal segments of lungs, as well as hepatocirrhosis

Jedynym bezwzględny przeciwwskazaniem do wykonania badania VC jest ciąża. Względny przeciwwskazaniem może być uczulenie na środki kontrastowe lub niewydolność nerek, dotyczy to jednak tylko badań diagnostycznych, gdyż jodowy środek kontrastowy nie jest używany w badaniach przesiewowych. W powyższych przypadkach można rozważyć wykonanie VC w rezonansie magnetycznym [23].

Bezpośrednio po ułożeniu pacjenta na stole (w pozycji na boku), wprowadza się kankę doodbytniczą i podaje dojelitowo powietrze, aż do zgłoszenia przez pacjenta intensywnego rozpierania w jamie brzusznej. Standardowo skanowanie wykonywane jest 2-krotnie: u pacjenta przebywającego w pozycji leżącej na plecach oraz w pozycji leżącej na brzuchu, co pozwala na odróżnienie resztek mas kałowych od faktycznych zmian, gdyż masy kałowe ulegają przemieszczeniu wraz ze zmianą pozycji. W przypadku diagnostycznej VC dodatkowo przed pierwszym skanowaniem podawany jest rozpuszczalny w wodzie środek cieniujący w ilości 1,2 ml/kg masy ciała. Jeśli u pacjenta nie występują przeciwwskazania do zastosowania dożylnie środka rozkurczowego, zalecane jest — jeszcze przed insuflacją jelita powietrzem — podanie środka rozkurczowego [24].

Pełna ocena badania obejmuje ocenę *toposcanu* — wstępny obraz całości jamy brzusznej uzyskany za pomocą bardzo małej dawki promieniowania (skuteczność przygotowania pacjenta do badania), ocenę obrazów poprzecznych, traktowanych zawsze jako obrazy referencyjne, ocenę rekonstrukcji wielopłaszczyznowych oraz liczne opcje trójwymiarowe zapewniane przez oprogramowanie sterujące stacją roboczą. Dzięki dwumonitorowemu systemowi obrazy 2D i 3D są porównywane symultanicznie i wybrany region zainteresowania zaznaczony markerem w jednej płaszczyźnie jest automatycznie prezentowany w innym cięciu.

Najczęściej wykorzystywane algorytmy 3D to: opcja nawigator, umożliwiająca ocenę wnętrza światła jelita, wstawioną do środka wirtualną kamerą — w celu uniknięcia błędów percepcji nawigacja przez jelito grube odbywa się zawsze w kierunku od odbytnicy do kątnicy i w stronę przeciwną [25]; opcja wirtualnego rozciągnięcia ścian (*virtual dissection*) oraz *volume rendering*, czyli model jelita grubego wykonywany automatycznie, który dostarcza informacji podobnych do dostarczanych w trakcie wlewu dwukontrastowego. Wirtualne rozciągnięcie światła jelita jest innowacyjną techniką 3D, która umożliwia wirtualne rozprostowanie jelita i przedstawienie powierzchni śluzówki podobnie do preparatu sekcyjnego [10, 26]. Ta metoda może zwiększyć czułość VC poprzez zredukowanie ilości obszarów trudnych do oceny — przykładowo polip ukryty za haustracją, który może nie być widoczny w trakcie standardowej obróbki 3D badania. Zastosowanie tej metody pozwala również w istotny sposób skrócić czas obróbki badania.

Ocena badania 2D i 3D pozwala na różnicowanie między zalegającymi masami kałowymi a rzeczywistymi zmianami — opiera się na obecności pęcherzyków powietrza w obrębie mas kałowych, morfologii (polipy są bardziej okrągłe lub płaskie), zdolności poprzysuwania się podej-

Tabela IV. Wskazania do przesiewowego VC
Table IV. Indications for screening virtual colonoscopy

• Pacjenci z chorobami zapalnymi jelit/ <i>Patients with inflammatory bowel diseases</i>
• Pacjenci obciążeni wywiadem rodzinnym/ <i>Patients with positive family history</i>
• Niepokojące objawy kliniczne: krwawienia z dolnego odcinka jelita grubego, długotrwałe bóle brzucha po wykluczeniu innych przyczyn <i>Worrying symptoms: bleeding from the lower part of large bowel, long-lasting stomach aches after other causes have been excluded</i>
• Pacjenci z grupy niskiego ryzyka po 50. roku życia/ <i>Patients from low-risk group over 50 years old</i>
• Pacjentów z grup ryzyka należy badać częściej i wcześniej/ <i>Patients from risk groups should be examined more often and earlier</i>

and nephrohydrosis. The most common lesions that need neither further diagnostics nor surgical procedures included: renal and hepatic cysts, angioma of the liver, cholelithiasis, splenomegaly, fatty degeneration of the liver and prostatic hypertrophy. Numerous benefits are derived from the early detection of extraintestinal changes including the possibility of radical treatment, decreased mortality, as well as reducing the costs of treatment and diagnostics as only one procedure is performed (simultaneous examination and evaluation the parenchymal organs and bowels in computer tomography) [6].

A crucial issue to ensure correct interpretation of a performed examination and to avoid possible errors, is proper preparation of the patient for the examination. Therefore, it is essential to thoroughly inform the patient of the importance of this issue. Although, there are many equivalent methods of preparing the patient for examination noted in the literature, in practice every centre has own method adjusted to its needs and experiences [8, 20–22]. The standard procedure is to apply a low residue diet and then clean the bowel out of fecal masses using a preparation with glycol polyethylene or, even better and for the sake of lower consequent fluid retention, using a drug with sodium phosphate (not available in Poland). On the day of examination, therefore, the patient should be on an empty stomach.

As the techniques of examination differ significantly in cases of diagnostic and screening tests, there is different resolution of each method concerning extraintestinal changes and the possibility of staging. On the other hand, there is a significant reduction of radiation dosage in the screening examination. Indications for virtual colonoscopy concerning diagnostic and screening examinations are presented in Tables III and IV.

The only direct contraindication for virtual colonoscopy is pregnancy. Although allergy to the contrast medium or renal insufficiency may be indirect contraindications, these concern only diagnostic examinations because an iodine contrast medium is not used in screening examinations. In the above-mentioned cases, virtual colonoscopy employing the magnetic resonance technique should be considered [23].

Directly after the patient is put on the table (in the lateral recumbent position), a rectal catheter is placed

Tabela V. Najczęstsze przyczyny błędów w interpretacji VC
Table V. The most frequent causes of interpretative errors concerning virtual colonoscopy

• Niepełne rozciągnięcie ściany jelita/ <i>Incomplete stretching of the intestinal walls</i>
• Żyłaki wewnętrzne/ <i>Haemorrhoidal internal varices</i>
• Uchylkowatość/ <i>Diverticulosis</i>
• Zmiany podśluzówkowe/ <i>Submucosal changes</i>
• Zmiany płaskie/ <i>Flat lesions</i>
• Ciała obce, na przykład tabletki/ <i>Foreign bodies i.e. pills</i>
• Nieprawidłowa ocena zastawki krętniczo-kątniczej/ <i>Incorrect evaluation of the ileocaecal valve</i>
• Obecność końcówki cewnika/ <i>Presence of the end of the catheter</i>
• Błąd pomiaru polipa / <i>Wrong measurement of polyp</i>

rzanej zmiany po obracaniu pacjenta z pleców na brzuch (diagnostyka różnicowa uszypułowanych polipów) [27, 28].

Najczęstsze przyczyny błędów obejmują [21, 29–31] błędy techniczne, związane z błędnym przygotowaniem pacjenta do badania: zalegające masy kałowe, poziom zalegającego płynu, nieodpowiednie rozciągnięcie ściany jelita oraz artefakty oddechowe i od metalicznych ciał obcych (najczęściej endoproteza stawu biodrowego), ponadto błędy percepcji oraz interpretacji. Błędy interpretacyjne wynikające z niewłaściwego przygotowania pacjenta do badania (zalegające masy kałowe i poziom płynu w jelicie oraz niewłaściwe rozciągnięcie pętli jelitowych) są przyczyną błędów diagnostycznych. Najczęstsze przyczyny błędów w interpretacji tego badania zawarto w tabeli V.

Obecnie wciąż trwają intensywne prace nad wdrożeniem do codziennego użycia metod, które aktualnie jeszcze traktowane są jako eksperymentalne. Obiecująca przyszłość metody obejmuje udoskonalenia zarówno na etapie wykonania badania, jak i na etapie jego interpretacji. W przypadku użycia VC jako metody stosowanej w badaniu przesiewowym raka jelita grubego, głównym problemem jest konieczność kłopotliwego dla pacjenta przygotowania do badania i związanego z tym dyskomfortu. Jednak w większości wypadków uciążliwość badania dla pacjenta jest mniejsza niż przy klasycznej kolonoskopii — pacjenci, którzy byli poddani badaniu przesiewowemu przy użyciu obu metod, przy kolejnych okresowych kontrolach chętniej wybierali VC niż CC [11]. Nie zmienia to jednak faktu, że dalsze zmniejszenie uciążliwości badania dla pacjenta jest nadzwyczaj pożądane.

W tym celu trwają ostatnio badania nad użyciem znakowania mas kałowych za pomocą nierozpuszczalnego środka kontrastowego. Na etapie obróbki i interpretacji badania pozwala to na cyfrową subtrakcję zakontraktowanych mas kałowych od obrazu całości jelita grubego i uzyskanie w ten sposób diagnostycznego obrazu praktycznie bez przygotowania. Czułość tej metody dla zmian o wielkości 10 mm i większych jest aktualnie określana na 82%,

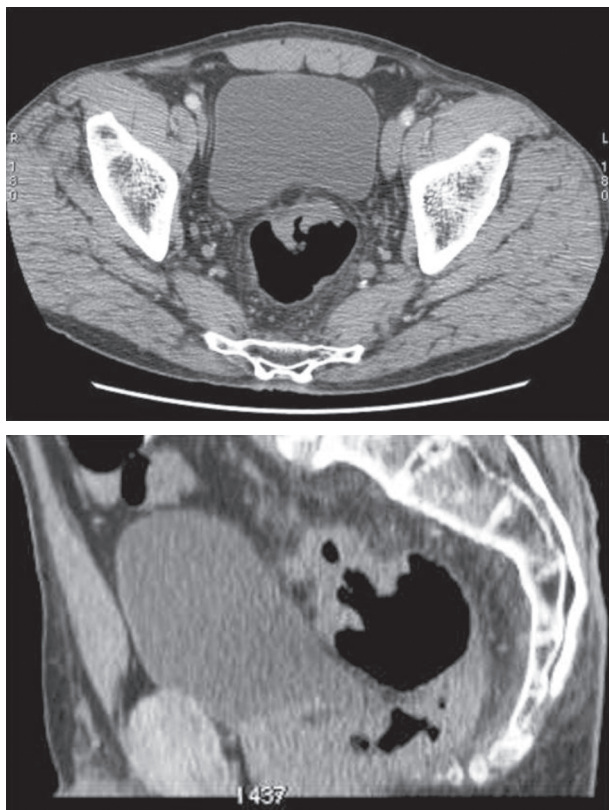


Rycina 1. Toposcan przedstawiający prawidłowo przygotowanego do badania pacjenta, z jelitem grubym wypełnionym powietrzem

Figure 1. Toposcan presenting a properly prepared patient for examination with air-inflated large bowel

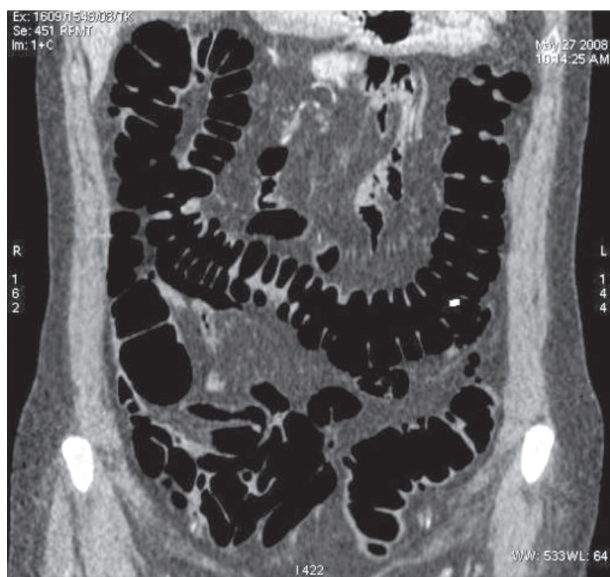
in the rectum and air is forced into the bowel until the patient reports an intense distended sensation in the abdominal cavity. The standard procedure comprises double scanning: in prone and supine position which allows to differentiate residual fecal masses from existing changes, as fecal masses move along with a changing position. Additionally, in cases of diagnostic virtual colonoscopy, before the first scanning a soluble contrast medium in the amount of 1.2 ml/kg body weight is applied. If the patient has no contraindications for intravenous injection of relaxant drugs, it is recommended to apply these relaxants before rectal air forcing [24].

A complete evaluation includes toposcan assessment — a preliminary picture of the whole abdominal cavity obtained using a very low dose of radiation (the efficiency of patient preparation for this examination), an assessment the transverse pictures — treated always as reference pictures, an assessment the multiplanar reconstructions and many three-dimensional options available in software that control the work station. Because of the dual-monitor system, pictures in two-dimensional and three-dimensional projections are compared simultaneously and a selected area of interest marked with a pointer in one plane is automatically presented in the other.



Rycina 2. Obraz aksjalny oraz obraz strzałkowej rekonstrukcji dwuwymiarowej z widocznym powietrzem w obrębie odbytnicy

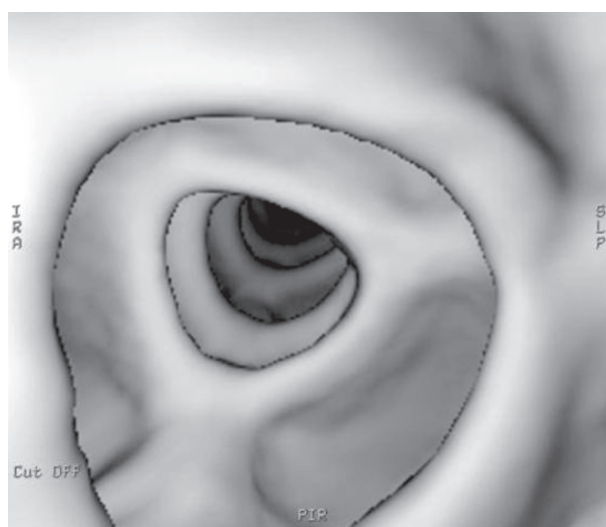
Figure 2. Axial image and image of sagittal two-dimensional reconstruction with air-inflated rectum visible



Rycina 3. Rekonstrukcja w płaszczyźnie wieńcowej prawidłowo wypełnionej powietrzem okrężnicy

Figure 3. Reconstruction in coronary plane of the colon properly inflated with air

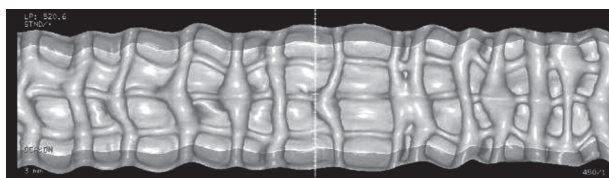
a specyficzność na 97% [32], co oznacza nieco mniej niż przy klasycznym przygotowaniu, niemniej są to wartości



Rycina 4. Prawidłowe obrazy rekonstrukcji 3D w programie Navigator

Figure 4. Normal pictures of three-dimensional reconstruction in Navigator

The most frequently used three-dimensional tools is an option navigator, which allows one to assess the interior part of bowel with a virtual camera put inside the lumen of the bowel. In order to avoid perception errors navigating within the large bowel one should always proceed from rectum to caecum and again in opposite direction [25]. Option virtual dissection and volume rendering, which is a model of the large bowel, is performed automatically and gives information similar to that obtained from a double contrast enema. Virtual dissection is an innovative technique of three-dimensional projection that allows one to virtually stretch the intestine and visualize the surface of the mucous membrane in a similar way to a sectional preparation [10, 26]. This method may increase the sensitivity of virtual colonoscopy by reducing the amount of areas difficult to assess — for example: a polyp that is hidden behind a haustration may not be seen during the standard processing of a three-dimensional projection. The application this method



Rycina 5. Rekonstrukcja typu *virtual dissection* — obraz prawdziwy

Figure 5. Reconstruction in type of virtual dissection — normal state



Rycina 6. Rekonstrukcja typu *virtual 3D rendering*

Figure 6. Reconstruction in type of Virtual 3D rendering

akceptowalne dla statystyki badań przesiewowych. Kolejną zaletą takiej metodyki jest dalsza redukcja dawki promieniowania, poprzez możliwość uniknięcia 2-krotnego skanowania w pozycji na plecach i na brzuchu.

Nową zdobyczą na polu interpretacji wyników jest diagnoza wspomagana komputerowo (CAD, *computer aided diagnosis*) [33, 34]. System CAD dobrze sprawdza się nawet w sytuacji, kiedy pętle jelita nie są dobrze rozciągnięte i kiedy obecne są artefakty ruchowe [33]. Niedoskonałość algorytmów nie pozwala oczywiście na wyeliminowanie roli doświadczonego radiologa, jednak najczęściej system ten jest używany jako drugi obserwator, który może wskazywać miejsca potencjalnie podejrzane, które z kolei powinny być poddane szczegółowej analizie. Równoległe zastosowanie CAD pozwala podnieść czułość wykrywania polipów wszystkich rozmiarów z 93–95% do 96–97% [28].

Wnioski

Wirtualna kolonoskopia znajduje coraz szersze zastosowanie we współczesnej diagnostyce. Badanie musi być koniecznie poprzedzone starannym przygotowaniem pa-



Rycina 7. Automatyczne wyznaczanie trasy dla wygenerowania widoku 3D

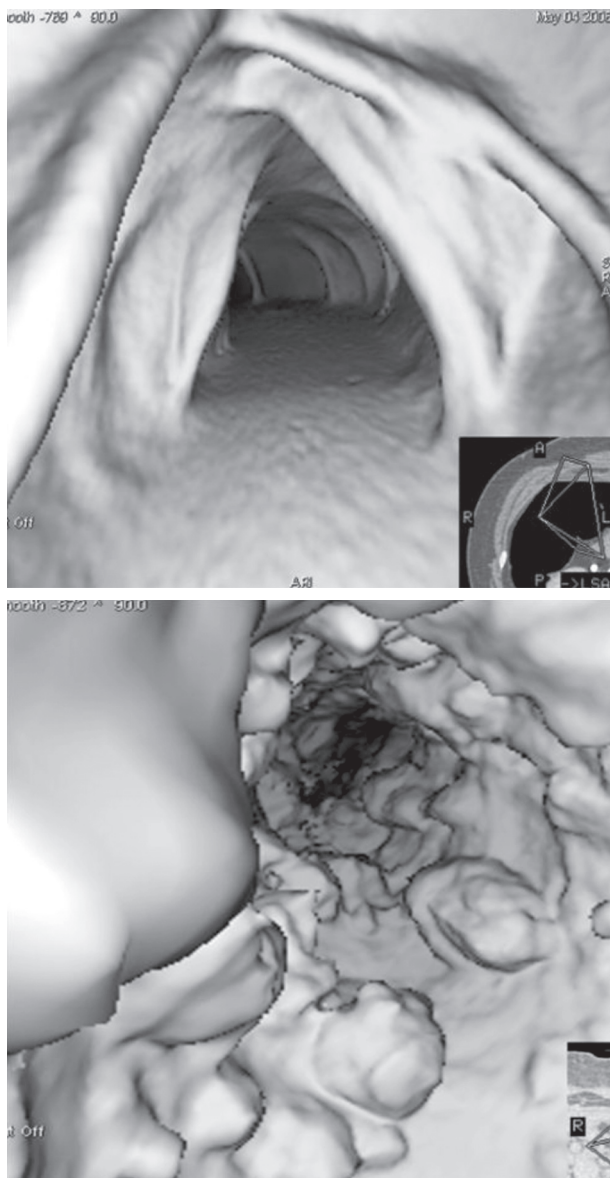
Figure 7. Automatic determination of track for generation of three-dimensional view

allows one also to shorten significantly the time of processing the results of the examination.

The evaluation of two-dimensional and three-dimensional projections allows to differentiate between residual fecal masses and existing changes — based on the presence of air bubbles within fecal masses, the morphology of changes (polyps are usually more round or lobar), the ability of a suspected lesion to move after patient's change of position from back to stomach (differential diagnostics of pedunculated polyps) [27, 28].

The most common errors include [21, 29–31] technical errors connected with improper preparation of the patient for examination, such as: residual fecal masses, level of residual liquid, inappropriate stretching the intestinal walls and respiratory artifacts, as well as metallic foreign bodies (most frequently an endoprosthesis of the hip). Moreover, there are also errors of perception and interpretation. Errors of interpretation resulting from inappropriate preparation the patient for examination (residual fecal masses and level of residual liquid in bowel and improper stretching of the intestinal walls) are the cause of diagnostic errors. The most frequent causes of interpretative errors are listed in Table V.

Intensive work is continuing in order to introduce to daily life such methods that, at present, are still treated as experimental. The future of the virtual colonoscopy method is promising and includes improvements concerning both the performance and interpretation stages. In cases of using virtual colonoscopy as a screening method for large bowel cancers, the main problem is



Rycina 8. Najczęstsze artefakty wynikające ze złego przygotowania pacjenta do badania — poziom płynu w jelicie grubym oraz zalegające masy kałowe

Figure 8. Most common artifacts resulting from improper patient examination preparation — level of fluid in large bowel and residual fecal masses

cjenta, ponieważ od odpowiedniego oczyszczenia jelita grubego w dużej mierze zależy czułość diagnostyczna metody. Obrazy w płaszczyźnie poprzecznej, rekonstrukcjach 2D i 3D, analizowane przez doświadczonego diagnostę, mogą dostarczyć istotnych klinicznie informacji o stopniu zaawansowania, lokalizacji i charakterze patologii jelita grubego oraz mogą służyć do oceny wznowy miejscowej choroby nowotworowej po zabiegu chirurgicznym. Dodatkową korzyść stanowi informacja o zmianach w pozostałych narządach jamy brzusznej i miednicy małej.

Wirtualna kolonoskopia ma szansę stać się alternatywą dla klasycznej kolonoskopii w badaniach przesiewowych raka jelita grubego, a biorąc pod uwagę mniej-



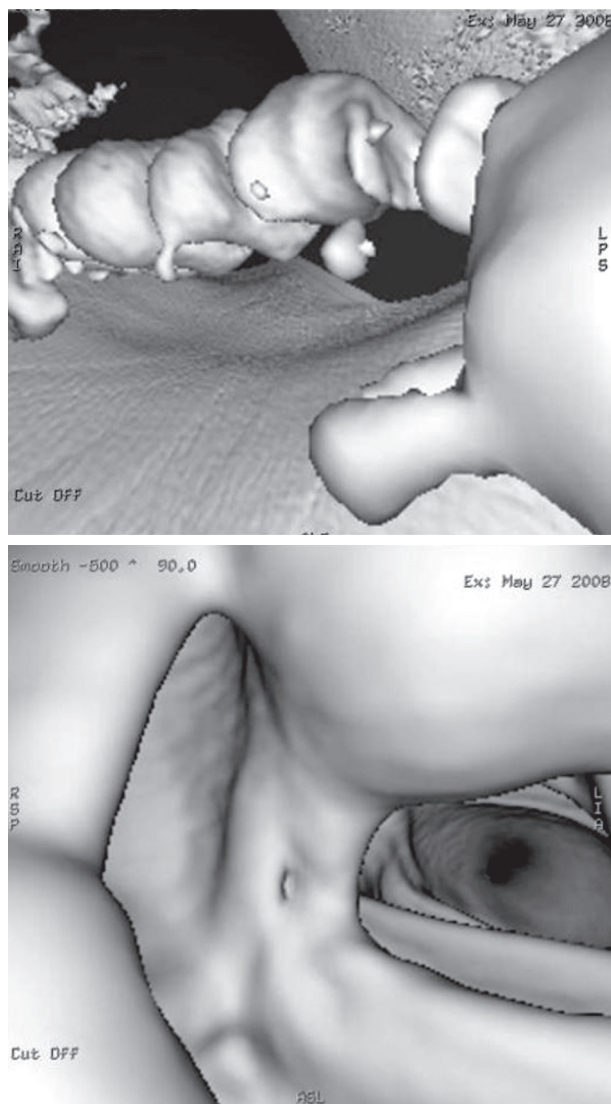
Rycina 9. Zwężenie na pograniczu zstępnicy i esicy widoczne w rekonstrukcji 3D

Figure 9. Stricture on the border of the descending and sigmoid colon visible in three-dimensional reconstruction

the necessity of examination preparation which is inconvenient for the patient and leads to discomfort. In most cases, the onerousness of this examination for the patient is less than during a standard colonoscopy. Thus, patients that underwent screening using both methods more willingly choose virtual colonoscopy than standard colonoscopy during their next routine check-up examinations. This, however, does not change the fact that further decreasing the inconvenience of this examination for the patient is extremely desirable.

The latest research are focused on marking fecal masses with an insoluble contrast medium. At the stage of processing and interpreting the results of the examination, this allows one to digitally subtract contrasted fecal masses from the picture of whole large bowel and, in this way, obtain a diagnostic picture practically without preparation. The sensitivity of this method for changes 10 mm in size and bigger is currently described as 82% and specificity as 97% [32]. Although, these values are somewhat lower than in cases of standard preparation, they are accepted as statistics of screening examinations. Another advantage of this methodology is further reducing doses of radiation by removing the necessity of double scanning in two different positions prone and supine.

A new achievement in the field of result interpretation is Computer Aided Diagnosis (CAD) [33, 34]. The CAD system turns out to be useful even in situation when intestinal loops are not properly stretched and motor artifacts are present [33]. The imperfection of procedures and tools do not, of course, allow

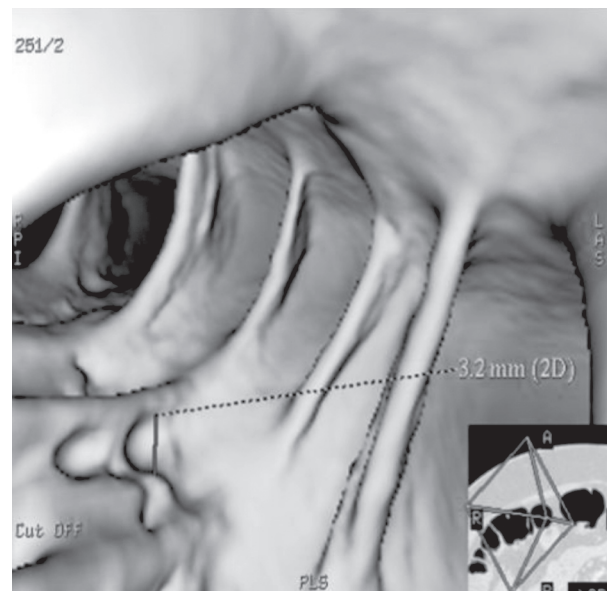


Rycina 10. Uchyłki esicy — wirtualny widok z zewnątrz i od środka jelita
Figure 10. Diverticula of sigmoid colon — virtual view from outside and inside the bowel

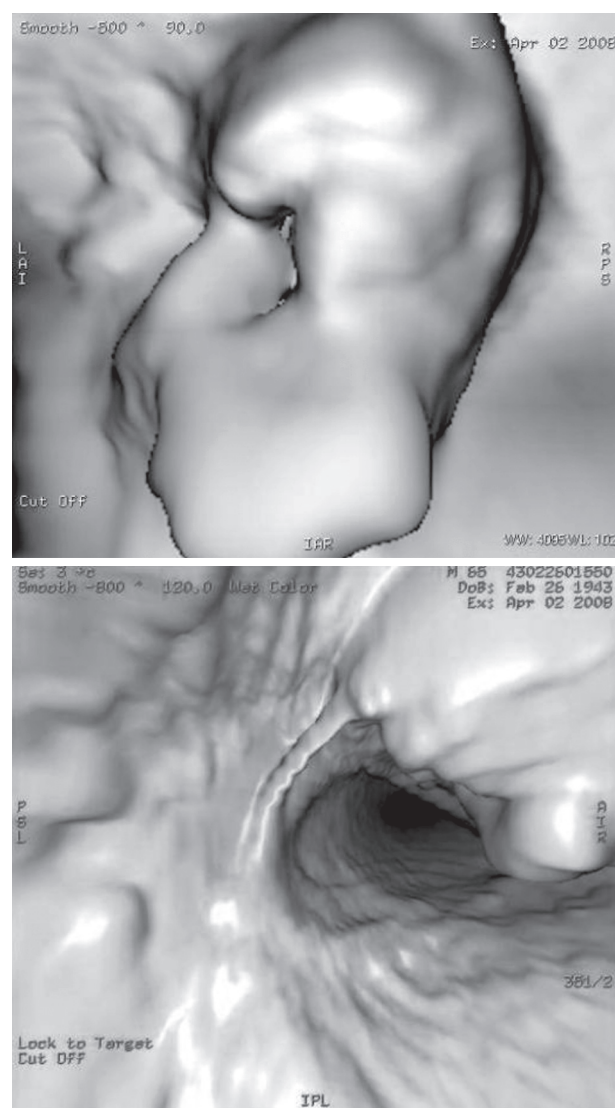
szą [7] dawkę promieniowania jonizującego w trakcie badania VC i większą liczbę danych diagnostycznych już teraz powinna zastąpić klasyczne badanie dwukontrastowe jelita grubego w procesie diagnostycznym pacjenta z podejrzeniem choroby nowotworowej lub polipów jelita grubego.

Piśmiennictwo (References)

1. Cady B, Stone KC, Wayne J. Continuing trends in the prevalence of right-sided lesions among colorectal carcinomas. Arch Surg. 1993; 128 (5): 505–509.
2. Silva A, Hara A, Leighton J, Heppell J. CT colonography with intravenous contrast material: varied appearances of colorectal carcinoma. RadioGraphics 2005; 25: 1321–1334.



Rycina 11. Drobne polipy w okolicy zagięcia wątrobowego
Figure 11. Small polyps in the region of hepatic flexure



Rycina 12. Zaawansowany rak jelita grubego
Figure 12. Advanced stage of colon cancer

3. Gastroenterologia i Hepatologia Kliniczna. Konturek SJ (ed.) Ed. V. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2006.
4. Nowotwory złośliwe w Polsce w 2000 roku. Centrum Onkologii, Warszawa 2001.
5. Yee J, Akerkar GA, Hung RK, Steinauer-Gebauer AM, Wall SD, McQuaid KR. Colorectal neoplasia: performance characteristics of CT colonography for detection in 300 patients. *Radiology* 2001; 219: 685–692.
6. Sosna J, Sella T, Sy O *et al.* Critical analysis of the performance of double contrast barium enema for detecting colorectal polyps 6 mm in the era of CT colonography. *AJR* 2008; 190: 374–385.
7. Johnson CD, Dachman AH. CT Colonography: The next colon screening examination? *Radiology* 2000; 216: 331–341.
8. Macari M, Bini E. CT colonography: where have we been and where are we going? *Radiology* 2005; 237: 819–833.
9. Kim JH, Kim WH, Kim TI *et al.* Incomplete colonoscopy in patients with occlusive colorectal cancer: usefulness of CT colonography according to tumor location. *Yonsei Med J.* 2007; 48 (6): 934–941.
10. Silva A, Wellnitz C, Hara A. Three-dimensional virtual dissection at CT colonography: unraveling the colon to search for lesions. *RadioGraphics* 2006; 26: 1669–1686.
11. Ferrucci JT. Colonoscopy: virtual and optical — another look, another view. *Radiology* 2005; 235: 13–16.
12. Svensson M, Svensson E, Lasso A, Hellström M. Patient acceptance of CT colonography and conventional colonoscopy: prospective comparative study in patients with or suspected of having colorectal disease. *Radiology* 2002; 222: 337–345.
13. Pickhardt PJ. Incidence of colonic perforation at CT colonography: review of existing data and implications for screening of asymptomatic adults. *Radiology* 2006; 239: 313–316.
14. Wong SH, Wong VW, Sung JJ. Virtual colonoscopy-induced perforation in a patient with Crohn's disease. *World J Gastroenterol.* 2007; 13 (6): 978–979.
15. Hara A, Johnson D, MacCarty R, Welch T. Incidental extracolonic findings at CT colonography. *Radiology* 2000; 215: 353–357.
16. Pilch-Kowalczyk J, Konopka M, Gibińska J *et al.* Extracolonic findings at CT colonography — additional advantage of the method: *Med Sci Monit.* 2004; 10 (supl. 2): 2–5.
17. Yee J, Kumar NN, Godara S *et al.* Extracolonic abnormalities discovered incidentally at CT colonography in a male population. *Radiology* 2005; 236: 519–526.
18. Lefere P, Gryspeerdt S. Focus on technique helps CT colonography. *Diagnostic Imaging Europe* 2008, 4: 14–19.
19. Chung DJ, Huh KC, Choi WJ, Kim JK. CT colonography using 16-MDCT in the evaluation of colorectal cancer. *AJR* 2005; 184: 98–103.
20. Pickhardt PJ, Choi JR, Hwang I *et al.* Computed tomographic virtual colonoscopy to screen for colorectal neoplasia in asymptomatic adults. *N Engl J Med.* 2003; 349: 2191–2200.
21. Pickhardt PJ. Screening CT colonography: how to do it? *AJR* 2007; 189: 290–298.
22. Silva A, Vens E, Hara A, Fletcher J, Fidler J, Johnson D. Evaluation of benign and malignant rectal lesions with CT colonography and endoscopic correlation. *RadioGraphics* 2006; 26: 1085–1099.
23. Pilch-Kowalczyk J, Konopka M, Wróbel M *et al.* Wirtualna kolonoskopia w badaniach TK i MR. *Wiadomości Lekarskie* 2004; 7–8: 364–369.

one to eliminate the role of an experienced radiologist. Nevertheless, the CAD system is most frequently used as a second observer that may indicate potentially suspicious areas which should be carefully subjected to detailed analysis. Parallel CAD system usage allows one to increase the sensitivity of polyp detection of all sizes from 93–95% to 96–97% [28].

Conclusions

Virtual colonoscopy is finding an ever-widening application in contemporary diagnostics. It is essential that this examination is preceded with careful patient preparation as the diagnostic sensitivity of this method depends to a large degree on proper cleaning of the large intestine. Images of the transverse plane, as well as two-dimensional and three-dimensional reconstructions, analyzed by an experienced diagnostician, may deliver clinically essential information about the degree of disease progression, localization and the character of intestine pathology and may be useful for assessing the local recurrence of neoplastic disease after a surgical procedure. An additional benefit is information about changes in the other organs of abdominal cavity and the minor pelvis.

Virtual colonoscopy has an opportunity to be an alternative procedure to standard colonoscopy in screening tests for large bowel cancers. Moreover, taking into consideration the lower [7] dose of ionized radiation during the procedure and the larger number of diagnostic data it provides, virtual colonoscopy should have already replaced the standard double contrast enema in the diagnostic process in patients with suspected neoplastic disease or polyps of the large bowel.

24. Rogalla P, Lembecke A, Ruckert JC *et al.* Spasmolysis at CT Colonography: Butyl Scopolamine versus Glucagon. *Radiology* 2005; 236: 184–188.
25. Yasumoto T, Murakami T, Yamamoto H *et al.* Assessment of two 3D MDCT colonography protocols for observation of colorectal polyps. *AJR* 2006; 186: 85–89.
26. Johnson K, Johnson D, Fletcher J, MacCarty R, Summers R. CT colonography using 360° virtual dissection: a feasibility study. *AJR* 2006; 186: 90–95.
27. Pickhardt PJ, Lee A, McFarland E, Taylor A. Linear polyp measurement at CT colonography: in vitro and in vivo comparison of two-dimensional and three-dimensional displays. *Radiology* 2005; 236: 872–878.
28. Shi R, Schraedley-Desmond P, Napel S *et al.* CT colonography: influence of 3D viewing and polyp candidate features on interpretation with computer-aided detection. *Radiology* 2006; 239: 768–776.
29. Doshi T, Rusinak D, Halvorsen R, Rockey D, Suzuki K, Dachman A. CT colonography: false-negative interpretations. *Radiology* 2007; 244: 165–173.
30. Mang T, Maier A, Plank C, Mueller-Mang C, Herold C, Schima W. Pitfalls in multi-detector row CT colonography: a systematic approach. *RadioGraphics* 2007; 27: 431–454.

31. Park SH, Ha HK, Kim M-J *et al.* False-negative results at multi-detector row CT colonography: multivariate analysis of causes for missed lesions. *Radiology* 2005; 235: 495–502.
32. Jensch S, de Vries AH, Peringa J *et al.* CT colonography with limited bowel preparation: performance characteristics in an increased-risk population. *Radiology* 2008; 247: 122–132.
33. Bogoni L, Cathier P, Dunder M *et al.* Computer-aided detection (CAD) for CT colonography: a tool to address a growing need. *Brit J Radiol.* 2005; 78: 57–62.
34. Petrick N, Haider M, Summers RM *et al.* CT colonography with computer-aided detection as a second reader: observer performance study. *Radiology* 2008; 246: 148–156.

Adres do korespondencji (Address for correspondence):

Dr med. Tomasz Lebda-Wyborny
Katedra i Zakład Radiologii i Medycyny Nuklearnej,
ul. Medyków 14, 40–752 Katowice
tel. (0 32) 378 94 51
e-mail: lebda@mo.pl

Praca wpłynęła do redakcji: 10.10.2008 r.