

マルチスライスCTを用いた3次元画像の 腹腔鏡下大腸癌手術への臨床応用

松木 充¹⁾ 奥田 準二²⁾ 吉川 秀司¹⁾ 立神 史稔¹⁾ 増田 清博¹⁾
可児 弘行¹⁾ 植林 勇¹⁾ 谷掛 雅人^{1),3)} 李 相雄²⁾ 西口 完二²⁾
田中慶太郎²⁾ 豊田 昌夫²⁾ 谷川 允彦²⁾

1)大阪医科大学放射線医学教室 2)同一般・消化器外科学教室
3)京都市立病院放射線科

Clinical Application

of Three-dimensional Imaging with Multislice CT for Laparoscopic Colorectal Surgery

Mitsuru Matsuki¹⁾, Jyunji Okuda²⁾, Syushi Yoshikawa¹⁾,
Fuminari Tatsugami¹⁾, Kiyohiro Masuda¹⁾,
Hiroyuki Kani¹⁾, Isamu Narabayashi¹⁾,
Masato Tanigake³⁾, Sang-Woong Lee²⁾,
Kanji Nishiguchi²⁾, Keitaro Tanaka²⁾, Masao Toyoda¹⁾
and Nobuhiko Tanigawa²⁾

Purpose: Laparoscopic colorectal surgery, while minimally invasive, is a complicated technique. Therefore, prior to this surgery, it is important to determine the anatomical information of colorectal cancer.

Materials and methods: Fifty-eight cases of patients with a confirmed diagnosis of colon cancer [caecal (n=4), ascending colon (n=6), transverse colon (n=7), descending colon (n=2), sigmoid colon (n=22), and rectal (n=17) cancer] were evaluated using multislice CT before laparoscopic surgery. CT examination was performed in an air-filled colorectum by colon fiberoscopy. Contrast-enhanced images on multislice CT were obtained at arterial and venous phases. All images were reviewed on a workstation, and three-dimensional (3D) images of vessels, colorectum, cancer, and swollen lymph nodes were reconstructed by volume rendering and fused (integrated 3D imaging). We evaluated the usefulness of integrated 3D imaging with multislice CT for laparoscopic colorectal surgery.

Results: Integrated 3D imaging demonstrated clearly the distribution of arteries feeding the colorectal cancer and the anatomical location of colorectal cancer and arterial and venous systems. Moreover, measurement of the distance between the aortic bifurcation and the origin of the inferior mesenteric artery and that between the base of the inferior mesenteric artery and the origin of the left colic artery on integrated 3D imaging contributed to safe, prompt ligation of the vessels and excision of lymph nodes. **Conclusion:** Integrated 3D imaging with multislice CT was useful for simulation of laparoscopic colorectal surgery.

Research Code No.: 513.1

Key words: Multislice CT, Integrated three-dimensional imaging, Laparoscopic surgery, Colorectal cancer

Received Sep. 3, 2002; revision accepted Jan. 20, 2003

- 1) Department of Radiology, Osaka Medical College
2) Department of General and Gastroenterological surgery, Osaka Medical College
3) Kyoto City Hospital

別刷請求先
〒569-8686 高槻市大学町 2-7
大阪医科大学放射線医学教室
松木 充

はじめに

腹腔鏡下大腸癌手術は、大腸癌に対する低侵襲手術として注目され、その適応は早期癌のみならず進行癌にも拡大されてきた¹⁾。しかし、腹腔鏡下手術には局所の近接視・拡大視効果のメリットがある一方、全体像が捉えにくく、触ることができないデメリットがある。そのため、個々の症例の血管走行・分岐形態のバリエーションや動静脈の位置関係の把握が困難なことがあり、的確かつ迅速な血管処理とリンパ節郭清の施行に血管マッピングによる術前シミュレーションがきわめて有用となる¹⁾⁻³⁾。

われわれは、腹腔鏡下大腸癌手術症例に対して術前にマルチスライスCTを施行し、高分解能ボリュームデータをもとに血管像を3次元構築した。さらに大腸、癌部、腫大リンパ節を統合させたIntegrated 3D-CT画像を作成し、術前シミュレーションとして活用しているので報告する。

対 象

対象は、平成13年10月から平成14年7月までの当院一般・消化器外科で腹腔鏡下大腸癌手術を行う前にマルチスライスCTが施行された大腸癌58症例である。性別は男性29例、女性29例、年齢38~82歳(平均67歳)で、占拠部位の内訳は、盲腸癌4例、上行結腸癌6例、横行結腸癌7例、下行結腸癌2例、S状結腸癌22例、直腸癌17例で、深達度の内訳は早期癌18例、MP癌6例、SS癌5例、SE癌29例である。術式の内訳は結腸右半切除11例、左半切除2例、S状結腸切除9例、S状結腸部分切除11例、前方切除8例、低位前方切除12例、横行結腸、上行結腸部分切除2例、横行結腸部分切除1例、回盲部切除2例である。リンパ節郭清の内訳は、1群(+α)リンパ節郭清7例、2群リンパ節郭清16例、3群リンパ節郭清35例である。

方 法

1. 当院一般・消化器外科での腹腔鏡下大腸癌手術の適応とリンパ節郭清
早期癌は、内視鏡的粘膜切除術(EMR)適応外の病変を腹

腔鏡下手術の適応とし、全部位で施行可能である。進行癌は、盲腸から直腸Raまでの病変を主な適応とするが、イレウス合併例、他臓器浸潤例や腫瘍径が7cmを超えるような巨大な腫瘍例は除外している。リンパ節郭清程度は、EMR困難なM癌では1群、SM癌では2群、進行癌では3群リンパ節郭清を原則としている。

2. 前処置

切除範囲をシミュレーションするため、術前にルーチンに施行される大腸内視鏡検査の直後に大腸全体に適度に空気が送気された状態で、マルチスライスCTを行う。また早期癌、SM癌等の漿膜浸潤のない癌では腹腔鏡下手術時に同定困難であるため、病変部のマーキングとして大腸内視鏡検査時に金属製のクリッピングを行っている。これは、CTで指摘困難な癌の支配血管の同定にも役立つ。

3. 撮像方法・3次元再構成法

4 検出器CT装置Aquilion MULTI(東芝)を用い、管電圧120kV、管電流300mAで撮影を行っている。撮影条件は、0.5秒ローテーション、ビーム幅8mm(2mm×4 検出器)、ヘリカルピッチ5.5、テーブル移動速度22mm/秒で、約20秒の呼吸停止下で肝臓上縁から恥骨結合レベルの約40~45cmの幅を網羅し、再構成は1mm間隔で行っている。

造影方法は、300mgI/ml非イオン性ヨード造影剤(オムニパーク300)を用い、総量は体重40kgまでの症例には100ml、40~60kgまでの症例には1kgあたり2.5mlで、60kg以上の症例には150mlを使用し、毎秒5mlで急速静注し、動脈相、静脈相の2相を撮影した。動脈相の設定にリアルプレップ法を用い、腹腔動脈分岐部レベルの大動脈のCT値が造影前より50HU以上に上昇した時点で撮影を開始するように設定した。通常動脈相は、造影15~25秒後で肝上縁から恥骨結合に向かって撮影開始し、静脈相は、動脈相撮影終了10秒後より恥骨結合から肝上縁に向かって撮影開始している(Go and Return)。また、S状結腸、直腸癌症例で尿管の情報が必要な場合は、造影5分後の排泄相を追加した。

得られたボリュームデータをワークステーション(zioM900:ザイオソフト)に転送し、3次元画像を作成した。volume rendering法を用い、opacity table上で自由に変化させて、表示したい関心領域(動脈、静脈、大腸、腫瘍部分、リンパ節)を抽出し、それぞれの領域をカラー表示した。われわれは、これらの関心領域を統合させた画像をIntegrated 3D-CT画像と呼び、動脈相および静脈相で作成した。また、尿管の情報が必要な場合は、静脈相に排泄相での尿管の3次元画像も統合させた。

検討項目

①盲腸、上行結腸癌、②横行結腸癌、③下行結腸癌~直腸癌の占居部位別にIntegrated 3D-CT画像の臨床的有用性について検討した。

結果

1. 盲腸、上行結腸癌: n=10症例

動脈相のIntegrated 3D-CT画像(Fig. 1, 2)により、腫瘍の支配血管を容易に同定することができ、血管処理の判断に役立った。また、進行癌の3群リンパ節郭清ではsurgical trunkに沿って回結腸動脈根部から中結腸動脈根部までのリンパ節を郭清して血管を処理する必要がある。その郭清時に注意すべきポイント⁴⁾として、①上腸間膜動脈から直接分岐する右結腸動脈の有無、②回結腸動脈と上腸間膜静脈の位置関係があり、われわれは、回結腸動脈が上腸間膜静脈の腹側を走行する場合をtype A、回結腸動脈が上腸間膜静脈の背側を走行する場合をtype Bとして分類した。①上腸間膜動脈から直接分岐する右結腸動脈を認めない場合(Fig. 1A)は、回結腸動脈根部を郭清した後、上腸間膜動脈に沿って中結腸動脈根部まで迅速に郭清を進めることができる。一方、上腸間膜動脈より直接分岐する右結腸動脈を認める場合(Fig. 2A)、回結腸動脈、右結腸動脈分岐部を同定・切離した後、中結腸動脈根部までen blocに郭清する。3群リンパ節郭清7症例のうち、動脈相のIntegrated 3D-CT画像は上腸間膜動脈から直接分岐する右結腸動脈を2例(29%)に描出し、手術でも確認された。右結腸動脈の独立分岐のない症例は、5例(71%)と過半数を占めた。②回結腸動脈が上腸間膜静脈の腹側を走行する場合(type A: Fig. 1B)、回結腸動脈根部の処理の際、背側を走行する回結腸静脈枝や上腸間膜静脈本幹の損傷に注意し、正確に回結腸動脈根部を処理する必要がある。一方、回結腸動脈が上腸間膜静脈の背側を走行する場合(type B: Fig. 2B)、リンパ節郭清の際、上腸間膜静脈背側も含めた綿密な郭清が要求される。3群リンパ節郭清7症例のうち、静脈相のIntegrated 3D-CT画像は、typeA 4例(57%)、typeB 3例(43%)を描出し、手術でも確認された。

2. 横行結腸癌: n=7 症例

動脈相のIntegrated 3D-CT画像(Fig. 3)は、左側結腸曲進行癌2症例が副中結腸動脈によって支配されていることを術前に描出し、副中結腸動脈根部を的確に処理することができた。

3. 下行結腸癌~直腸癌: n=41症例

2群、3群リンパ節郭清の下行結腸から直腸癌(35症例)の手術では、腹部大動脈分岐部を確認して、剥離を頭側へ進め、まず下腸間膜動脈根部を同定する。さらに下腸間膜動脈に沿って剥離し、左結腸動脈分岐部をみつけてから目的とする血管の同定・処理を行う。さらに、S状結腸~直腸進行癌の3群リンパ節郭清の際、本邦ではS状結腸が長い人が多いため正常腸管を長く温存しつつ残存腸管や吻合部への血流を維持して縫合不全を予防するため、われわれは左結腸動脈などを温存したリンパ節郭清を行っている¹⁾。よって、大動脈分岐部から下腸間膜動脈根部まで、下腸間膜動

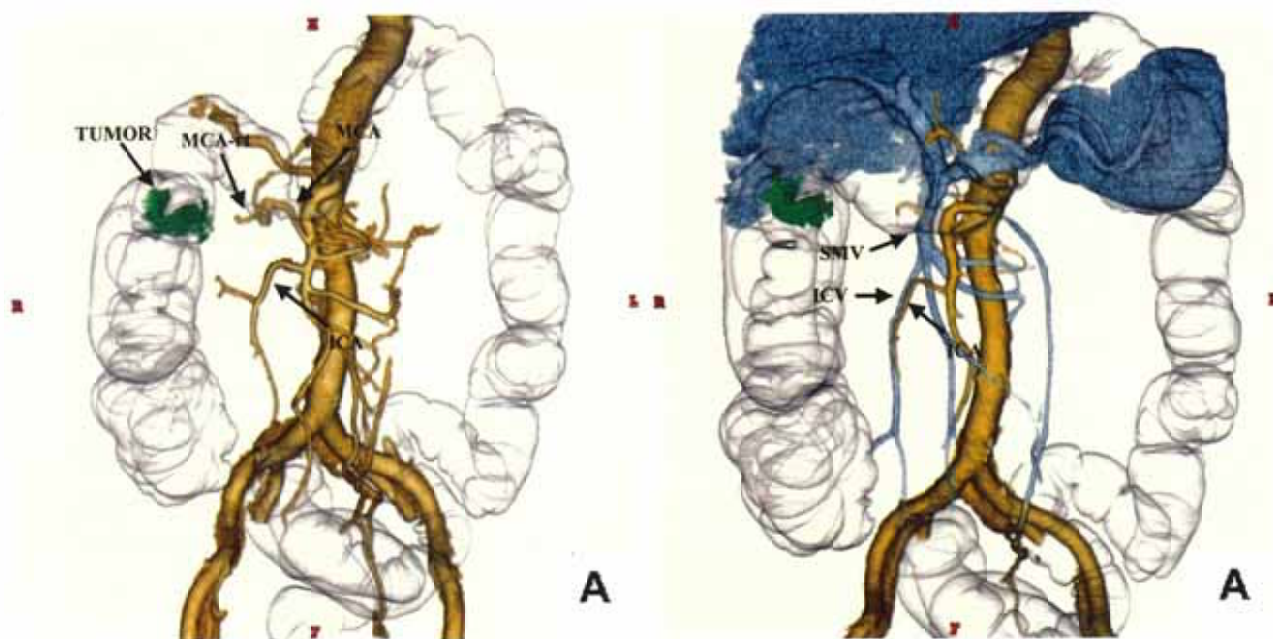


Fig. 1A, B. A 67-year-old woman with advanced cancer(SE) at right flexure of the transverse colon.

A: Integrated 3D-CT image at arterial phase shows the tumor directly fed by a branch of the ICA and MCA-rt.

B: Integrated 3D-CT image at venous phase shows ICA running ventrad to SMV (type A).

(MCA: middle colic artery, MCA-rt: right branch of middle colic artery, ICA: ileo-colic artery, SMV: superior mesenteric vein, ICA: ileo-colic vein)

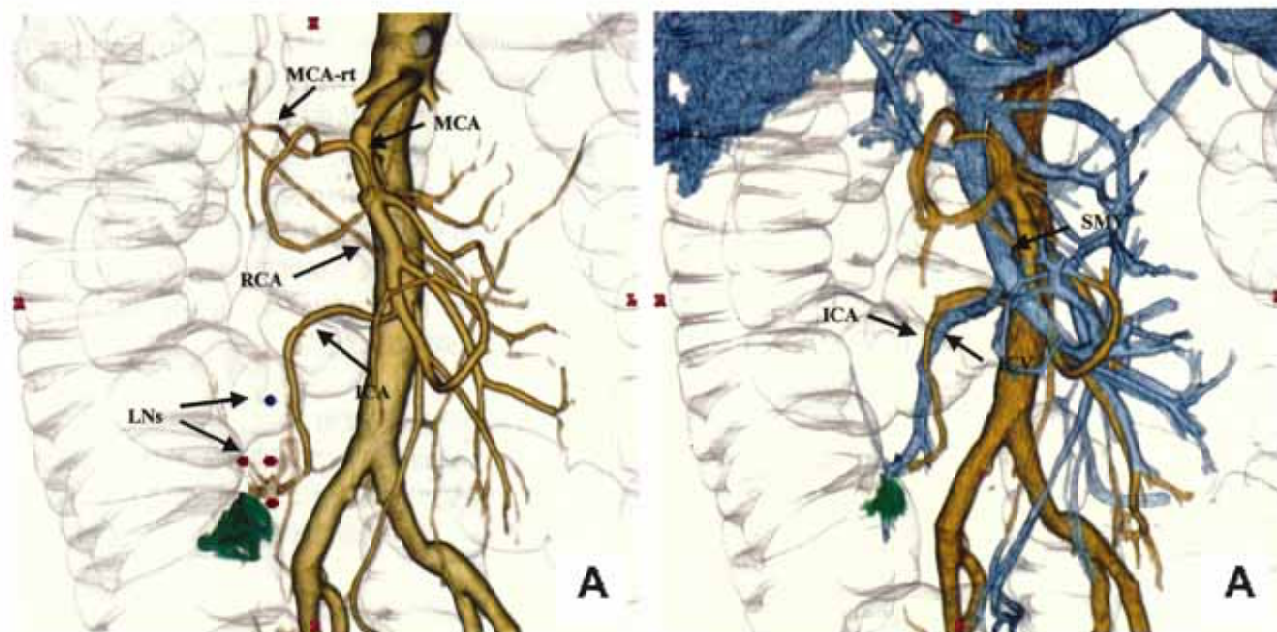


Fig. 2A, B. A 59-year-old man with advanced cancer(SS) of the ascending colon.

A: Integrated 3D-CT image at arterial phase shows the tumor directly fed by the ICA.

B: Integrated 3D-CT image at venous phase shows the ICA running dorsad to the SMV (type B).

(LNs: lymph nodes (red: paracolic lymph nodes, blue, ileo-colic lymph nodes))

脈根部から左結腸動脈分岐部までの距離を術前に測定できれば、血管根部や分岐部の同定・処理が円滑に行える。われわれは、今回の40症例について、Integrated 3D-CT画像上、3次元的に距離を測定した。その測定の結果では大動脈分岐部から下腸間膜動脈根部までの距離は35~75mm(平均47mm)(Fig. 4)で、下腸間膜動脈根部から左結腸動脈分岐部

までの距離は22~71mm(平均43mm)(Fig. 5)と個人差が大きく、Integrated 3D-CT画像での距離測定が有用であることを示唆した。また、S状結腸進行癌3群リンパ節郭清例の術前に、動脈相のIntegrated 3D-CT画像で第1S状結腸動脈が左結腸動脈と共通幹を形成していて、病変の支配血管が第2S状結腸動脈と確認できた4症例(Fig. 6)に対して、中

枢側リンパ節郭清を下腸間膜動脈根部より上直腸動脈まで en bloc に行い、第2 S状結腸動脈根部のみを処理して左結腸動脈、第1 S状結腸動脈および上直腸動脈を温存することができた。また静脈相のIntegrated 3D-CT 画像(Fig. 7)は、下腸間膜静脈と左結腸動脈との位置関係を描出し、左結腸動脈温存例では、下腸間膜静脈を処理する際、左結腸動脈を損傷しないよう位置関係を把握することに応用できた。また異なった時相である排泄相の尿管の3次元画像を静脈相に統合することによって、注意すべき尿管の走行の情報も得ることができた。

考 察

腹腔鏡下胆嚢摘出術の登場以来、近年さまざまな疾患に対して腹腔鏡下手術が施行され、大腸疾患に対しても腹腔鏡下手術の導入が進められてきた。腹腔鏡下手術は、開腹手術に比べ、小さな術創のため術後疼痛や運動制限を軽減し、美容上も優れている利点がある。さらに、病変部以外の腸管露出がほとんどないことも加わって、腸蠕動が術後早期に回復し経口摂取も早く開始でき、癒着のリスクも減少する。したがって、入院期間の短縮と早期の社会復帰の恩恵もたらされた。

大腸疾患への腹腔鏡下手術の導入は、1991年頃にまず大腸良性疾患および大腸早期癌に対して行われ⁵⁾、さらに1993年頃には2群以上のリンパ節郭清を伴った進行癌にまで拡大してきた。しかし、腹腔鏡下手術では全体像が把握しにくく、直接臓器に触ることができないため血管処理やリン

パ節郭清に時間を要した。また当初、開腹手術では見られないポート部再発の報告がなされた^{6),7)}。その原因として、術中の手術操作が癌部へ直接接触することにあると考えられた。よって中枢側リンパ節郭清と主要血管、腸間膜の処理を先行し、最後に病変部を含む腸管を剥離授動することによって、直接癌部を接触しない内側アプローチ法が開発され⁸⁾、当院でも採用している。よって、病変支配血管の走行・分岐形態を的確に把握しないと過度の腸管切除や血流

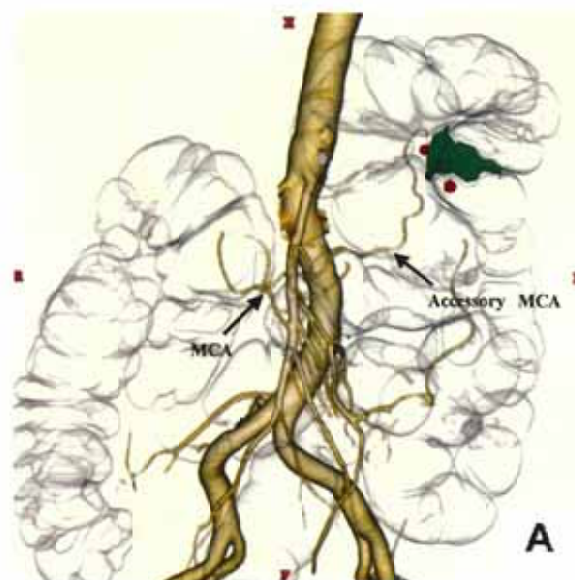


Fig. 3. A 65-year-old woman with advanced cancer(SS) at the left flexure of the transverse colon. Integrated 3D-CT image at arterial phase shows the tumor directly fed by accessory MCA.

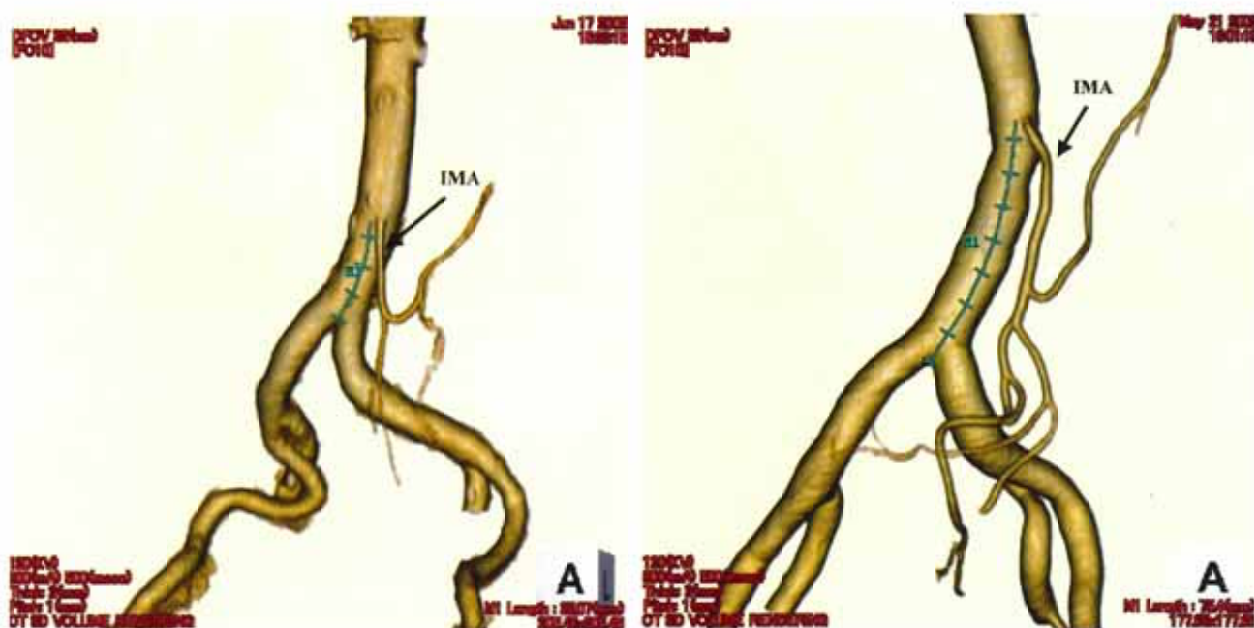


Fig. 4 A, B. Measurement of the distance between the aortic bifurcation and origin of the IMA on integrated 3D-CT images.

A: The distance on integrated 3D-CT image at arterial phase is 35 mm, the shortest among the present cases.
B: The distance on integrated 3D-CT image at arterial phase is 75 mm, the longest among the present cases.
(IMA: inferior mesenteric artery)

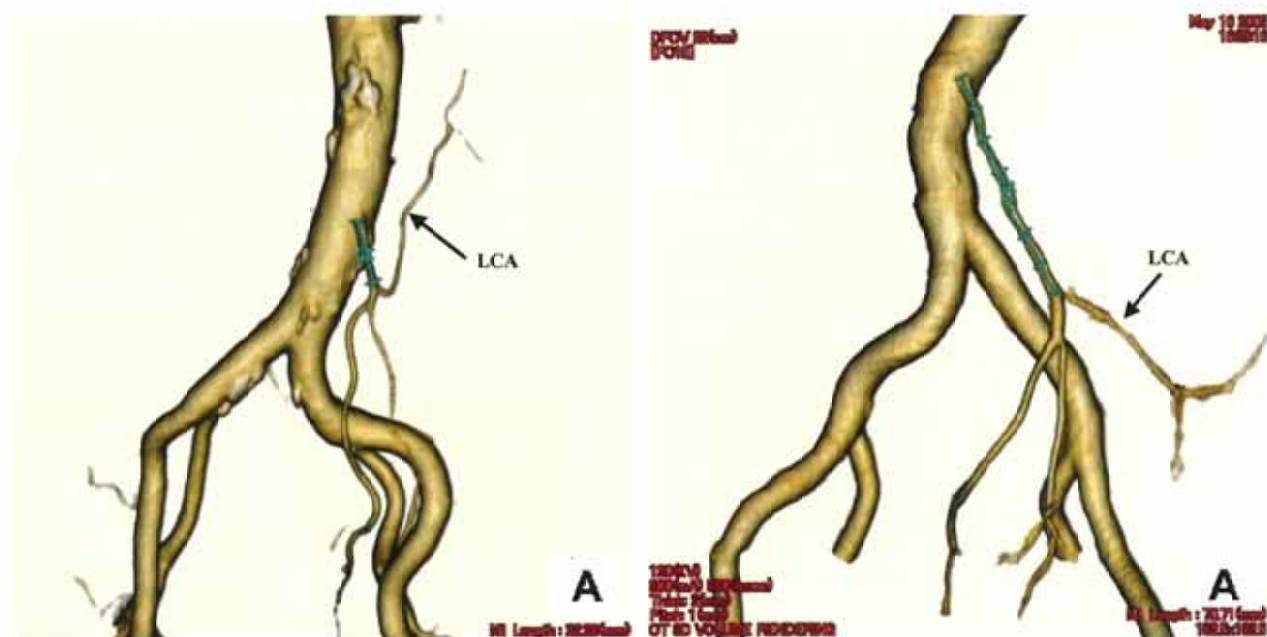


Fig. 5 A, B. Measurement of distance between the base of the IMA and origin of the LCA on integrated 3D-CT images. A: The distance on integrated 3D-CT image at arterial phase is 22 mm, the shortest among the present cases. B: The distance on integrated 3D-CT image at arterial phase is 71 mm, the longest among the present cases. (LCA: left colic artery)

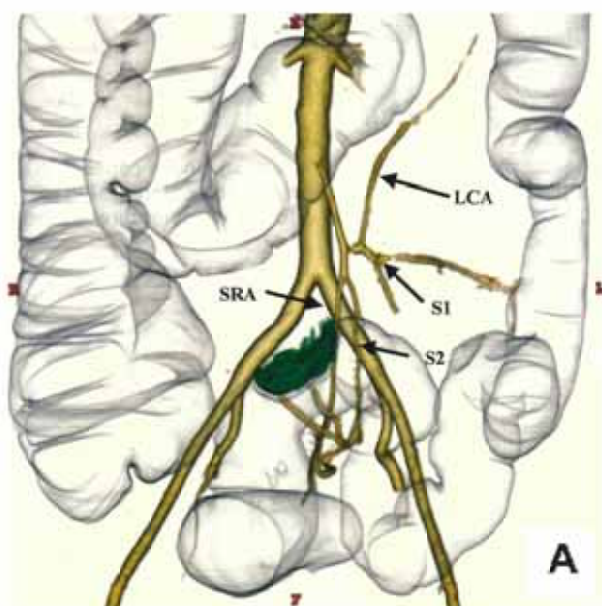


Fig. 6. A 42-year-old woman with advanced cancer (SS) of the sigmoid colon. Integrated 3D-CT image at arterial phase shows the tumor directly fed by S2. (S1: 1st sigmoidal artery, S2: 2nd sigmoidal artery, SRA: superior rectal artery)

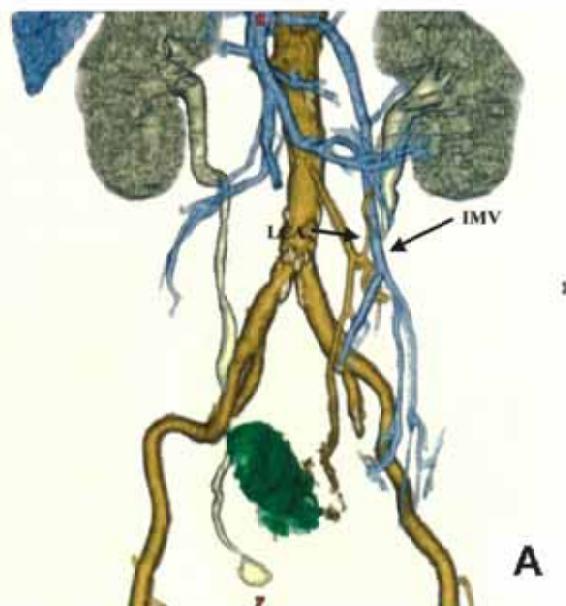


Fig. 7. An 80-year-old man with advanced cancer (SE) of the rectum. Integrated 3D-CT image at venous phase shows association of the LCA with IMV and left ureter. (IMV: inferior mesenteric vein)

不足による縫合不全や狭窄を引き起こす危険性がある。そのため、術前に血管の走行、分岐形態を把握することができれば、迅速かつ的確に腹腔鏡下手術を遂行することができる。

近年、マルチスライスCTの登場により膨大な薄いスライスデータを早い時間で収集することができるようになっ

た。これによって、時間分解能、空間分解能が高くなり、精度の高い3次元画像の作成を可能にした。大腸疾患に対するマルチスライスCTの利用の多くは、CT colonographyで、ポリープ、癌のスクリーニング、コンピュータ支援診断への活用を検討している⁹⁾⁻¹¹⁾。われわれは、精度の高い3次元血管像に着目し、良好な動脈像を得るため造影剤を毎

秒 5mlで急速注入し¹²⁾、的確なタイミングで撮像するため bolus tracking法を用いた。また、良好な静脈像は、総ヨード量に依存するため、体重60kg以上の症例には300mgI/ml 非イオン性ヨード造影剤150mlを使用し、静脈のReturnに従って恥骨結合から肝上縁に向かって撮影するGo and Return法を選択した。さらに、われわれはこれらの精度の高い血管像に原発巣、腫大リンパ節、大腸を統合させたIntegrated 3D-CT画像を開発した。Integrated 3D-CT画像は、腫瘍支配血管の同定、血管のバリエーション、動静脈の位置関係を術前に明瞭に描出し、的確な血管処理と適切なリンパ節郭清を迅速に施行することを可能にし、腹腔鏡下手術の問題点である触診能の欠如と全体像把握の困難性の解決に大きく寄与することができた。

結 語

腹腔鏡下大腸癌手術において、原発巣、腫大リンパ節、大腸を統合させたIntegrated 3D-CT画像は腫瘍の支配血管、主要血管の走行・分岐形態を明瞭に描出した。特に2群、3群リンパ節郭清の適応となるSM癌、進行癌に対して有用で、より安全で的確な腹腔鏡下大腸癌手術の迅速な遂行を支援している。

本論文の要旨は第61回日本医学放射線学会総会(平成14年 4月, 神戸)にて発表した。

文 献

- 1) 西口完二, 奥田準二, 谷掛雅人, 他: 3D-CT血管画像を応用した種々の血管処理を伴う腹腔鏡下D3リンパ節郭清術. 外科治療 84: 323-330, 2001
- 2) 松木 充, 奥田順二, 吉川秀司, 他: Multislice CTの腹腔鏡下胃癌, 大腸癌手術への応用. 映像情報 34: 133-138, 2002
- 3) 松木 充, 奥田順二, 吉川秀司, 他: マルチスライスCTを用いた三次元再構成画像の大腸癌腹腔鏡手術への臨床応用—結腸右半切除術適応例に対して—. 臨床画像 18: 476-479, 2002
- 4) 奥田準二, 豊田昌夫, 谷川允彦: No-touch isolation techniqueによる腹腔鏡下結腸右半切除術—Surgical trunk郭清のポイントも含めて—. 手術 55: 31-40, 2001
- 5) Saclarides TJ, Ko ST, Arian M, et al: Laparoscopic removal of a large colonic lipoma. Report of a case. Dis Colon Rectum 34: 1027-1029, 1991
- 6) Alexander RJT, Jaques BC, Mitchell KG: Laparoscopically assisted colectomy and wound recurrence. Lancet 341: 249-250, 1993
- 7) Wexner SD, Cohen SM: Port site metastases after laparoscopic colorectal surgery for cure of malignancy. Br J Surg 82: 295-298, 1995
- 8) Milson JW, Boehm B, Hammerhofer KA, et al: A prospective randomized trial comparing laparoscopic trial comparing laparoscopic versus conventional techniques in colorectal cancer surgery: a preliminary report. J Am Coll Surg 137: 46-57, 1998
- 9) Yee J, Akerkar GA, Hung RK, et al: Colorectal neoplasia: performance characteristics of CT colonography for detection in 300 patients. Radiology 219: 685-692, 2001
- 10) Ferrucci J: Colon cancer screening with virtual colonoscopy: promise, polyps, politics. AJR 177: 975-988, 2001
- 11) Yoshida H, Masutani Y, MacEneaney P, et al: Computerized detection of colonic polyps at CT colonography on the basis of volumetric features: pilot study. Radiology 222: 327-336, 2002
- 12) Kim T, Murakami T, Takahashi S, et al: Effects of injection rates of contrast material on arterial phase hepatic CT. AJR 171: 429-432, 1998