一般外科領域におけるナビゲーションサージェリー Minimally Invasive Tailor-made Surgery for Colorectal Cancer Navigated by Integrated 3D-CT Imaging

奥田準二^a，松木 充^b，楢林 勇^b，谷川允彦^a

^a 大阪医科大学 一般・消化器外科学教室

^b 同 放射線医学教室 *

Junji Okuda^a, Mitsuru Matsuki^b, Isamu Narabayashi^b, Nobuhiko Tanigawa^a

^a Department of General & Gastroenterological Surgery, Osaka Medical College

^b Department of Radiology, Osaka Medical College

Abstract

For advanced right colon cancer, we perform lymph node dissection exposing so called the surgical trunk. For the resection of advanced proximal sigmoid cancer, we sometimes perform lymph node dissection around root of IMA with preserving the left colic artery and superior rectal artery. For either of these procedures performing safely, it is important to know the precise individual vascular anatomy bearing their variations. However, there are major issues in laparoscopic surgery, such as no tactile sensation, limitation on visual fields. To overcome these issues and to accurately identify the vascular anatomy of each patient, we have applied Integrated 3D-CT as preoperative simulation and intraoperative navigation since July, 2000. Under the precise recognition of laparoscopic surgical anatomy, additionally simulated and navigated by Integrated 3D-CT imaging for each patient, systematic lymphadenectomy with tailor-made vascular dissection by laparoscopy appears to be feasible and more meticulous compared to one by conventional open surgery.

Key words

Laparoscopic surgery, 3D-CT navigation surgery, Tailor-made surgery.

1. はじめに

1990年に腹腔鏡下胆嚢摘出術が本邦に導入されて以来、内視鏡外科手術（腹腔鏡下手術）は胃癌や大腸癌など種々の消化器疾患に低侵襲手術として適用されるようになりました。しかし、腹腔鏡下手術では、触診が行なえず、視野が狭くて全体像をとらえ

にくいために、主要血管の走行・分岐形態や病変と周囲臓器との関係など個々の患者の外科解剖の把握が困難なこともまれでなく、これらの外科解剖を誤認して出血、虚血や臓器損傷を併発する危険性があります。これらの問題を解決すべく、筆者らはいち早く3D-CTを活用して個々の被検者の外科解剖を構築し、綿密な術前シミュレーションと術中ナビゲーションに活用しています¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。

本稿では一般外科領域におけるナビゲーションサージェリーとして、腹腔鏡下大腸癌手術における3D-CTナビゲーションの現状と展望を述べます。

* 大阪医科大学一般・消化器外科

〒569-8686 大阪府高槻市大学町2-7

sur017@poh.osaka-med.ac.jp

2. 3D-CT を中心とした術前検査の合理化

本学では被検者への腸管前処置の負担を軽減するため、大腸内視鏡検査に続いて3D-CT 検査が行なえるように放射線科の協力を得ています。手術数日前に腸管洗浄液による前処置のもとに大腸内視鏡検査を行ない、病変部位の観察・生検に続いて点墨などで病変部をマーキングします。この際、後の3D-CT 検査で良好な腸管像を得るため、腸管内残留液はできるだけ吸引して適量の空気を注入しておくことがポイントとなります。大腸内視鏡検査に引き続き、通常30 分以内に3D-CT 検査を行ないます。すなわち、マルチスライスCT (Aquilion：東芝) による造影CT を撮影 (120 kVp, 300 mA でビーム幅2 mm, ヘリカルピッチ5.5) し、3D-CT 画像を得ます。造影剤は、300 mgI/ml のイオヘキソールを最大投与総量150 ml (体重[kg] × 2 ml が原則) として注入速度5 ml/s で上肢の肘静脈から注入します。スキャンはリアルプレップ法によるスキャンタイミングにより、造影開始より20～40 秒後に頭側から尾側へ行なって動脈相を得ます。静脈相は動脈相スキャン終了より約10 秒後に尾側から頭側へ再度スキャンすること

で良好な静脈相を得るとともに第3相スキャンを省略して被爆を抑えつつ肝転移の有無の検索も行なえるようにしました。画像データはワークステーション (zioM900：ザイオソフト) を用いて種々の三次元画像処理を行ないました。

Fig. 1 にS 状結腸進行癌例のIntegrated 3D-CT 画像を示します。Fig.1a, b は3D-CT 血管画像 (3D-CTA) です。Fig. 1c にair image 法によるvirtual colonography 像を示しています。前述しましたように大腸内視鏡検査直後に3D-CT 検査を行なっていますので、大腸全体に適量の空気が注入されて極めて良好なvirtual colonography が得られています。病変部は下行結腸寄りのS 状結腸の癌性狭窄像として描出されています。これらの画像を融合させて病変部腸管と支配血管との関係を明瞭にしたものがFig. 1d です。3D-CT では画像処理により腸管像の透過度を自由に変化させることが可能ですので、腸管や血管の走行とその関係を的確に把握できます。また、本例のように大腸内視鏡通過不能の狭窄症例で狭窄部位より口側腸管の検索が不十分な場合には、狭窄部口側の腸管内検索にfly through 法によるvirtual endoscopy を行なっています (Fig. 1d 左上)。さらに、領域腫大リンパ節を検出し、病変部とともに色づけして描出す

Fig. 1 Integrated 3D-CT 画像.

Fig. 2 Integrated 3D-CT 画像による術中ナビゲーション.

ることや病変と無関係な血管や腸管の消去など種々の工夫を加えています。

これらの 3D-CT 画像は、現時点で画像処理に時間を要するという問題点がありますが、もともになる 3D-CT 検査は前述した 2 回のスキャンで短時間に行なえます。また、注腸検査の代用にもなりえますので、被検者への被爆の削減につながると考えられます。したがって、筆者らは、これらの 3D-CT 画像を

通常の造影 CT 機能にとどまらず、注腸や内視鏡の機能も有する統合的精査画像と位置付けて統合的 3D-CT 画像 (Integrated 3D-CT 画像) と総称しています²⁾。

3. 3D-CT ナビゲーションの実際

リアルタイムナビゲーションではありませんが、Fig. 2 のように、腹腔鏡の術野に合わせるように

Fig. 3 Integrated 3D-CT ナビゲーションによる腹腔鏡下オーダーメイド手術.

Fig. 4 Virtual surgical anatomy の有用性 (横行結腸右結腸曲癌).

Integrated 3D-CT 画像を対応させてリンパ節郭清と血管処理の術中ナビゲーションを行なっています。動静脈同時描出画像で surgical trunk の分岐形態を確認することで、腹腔鏡下の血管処理とリンパ節郭清がより安全確実に行なえるようになります。

4. Integrated 3D-CT ナビゲーションによる腹腔鏡下オーダーメイド手術

本例は近位 S 状結腸癌で S 状結腸が長い為、腸切除後の吻合を体外で行なえる症例でした。このた

Fig. 5 Volume GRID-Web ネットワークシステムによる腹腔鏡下ナビゲーション手術.

め、中枢側リンパ節を en bloc に郭清しつつ左結腸動脈と上直腸動脈を温存して病変支配血管の第 1S 状結腸動脈を根部で処理する D3 リンパ節郭清を行ないました。このように、リンパ節郭清の程度を落とすことなく、個々の患者に合わせた血管処理をプランニングし、術中ナビゲーションによる腹腔鏡下オーダーメイド手術を行なえるようになってきました (Fig. 3)。

5. Virtual surgical anatomy の有用性 (横行結腸右結腸曲癌)

筆者らは、Integrated 3D-CT 画像を病変部腸管と他臓器との関係までも描出した画像 (Virtual surgical anatomy: オーダーメイドの外科解剖) に発展させました³⁾⁵⁾。Fig. 4a は右結腸曲の横行結腸進行癌の Virtual surgical anatomy を示しています。病変部の支配血管は右結腸動脈で、病変部は右腎臓の近傍にありますが、明らかな浸潤はありませんでした。これらの情報をもとに綿密な術前シミュレーションを行ない、術中ナビゲーションとしても活用して、的確な血管処理と安全な右結腸曲の授動がガーゼ 1 枚の出血もなく、腹腔鏡下に行なえました (Fig. 4b, c)。

6. Volume GRID-Web ネットワークシステム による腹腔鏡下ナビゲーション手術

VolumeGRID-web というソフトを用いることでサーバであるワークステーションに手術室の PC から LAN で接続でき、手術室で瞬時に術野に合った画像を取り出すことができるようになりました (Fig. 5)。

7. 今後の展望

Integrated 3D-CT 画像は Virtual surgical anatomy に発展し、個々の患者に合わせたオーダーメイドの外科解剖を構築して腹腔鏡下手術をより安全・的確・迅速に支援できるようになってきています。これらの 3D-CT 画像は、医療チームの教育・トレーニングだけでなく、患者や家族への手術プランの術前説明においても極めて有用であり、画像処理ソフトの開発と相まって広く普及していくものと考えられます。なお、リンパ節転移の診断能と郭清範囲の縮小化に関しては、さらなる検討が必要ですが、今後の機器の進歩と画像処理能力および診断能の向上を考えますと、過大なリンパ節郭清を避ける一助となり、腹腔鏡下手術と相まって真の低侵襲オーダーメイド手術へと進化していくことが期待されます。

8. おわりに

本稿では腹腔鏡下大腸癌手術における 3D-CT の現状と展望について述べましたが、筆者らは腹腔鏡下胃癌手術についても 3D-CT をいち早く導入して積極的に活用しています⁴⁾⁵⁾⁶⁾。

日々進歩を続ける 3D-CT 画像は、放射線科との密接な連携により、より明瞭で使いやすい画像となって一般外科絵領域における種々の内視鏡外科手術のシミュレーションとナビゲーションを支援していくことになるかと期待されます。

文献

- 1) 西口完二, 奥田準二, 谷掛雅人ほか. 腹腔鏡下大腸手術手技の最前線 5; 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 2001; 84(3): 323-330.
- 2) 奥田準二, 田中慶太郎, 李相雄ほか. 腹腔鏡下大腸手術手技の最前線 6; 進行大腸癌に対する種々の工夫を加えた 3D-CT 画像に基づく腹腔鏡下ナビゲーション手術. 外科治療 2001; 84(6): 1015-1027.
- 3) 奥田準二, 西口完二, 松木充ほか. 低侵襲オーダーメイド手術への進化. 谷川允彦監修, 編集 奥田準二, 豊田昌夫編集. 腹腔鏡下大腸手術の最前線; 大腸疾患に対する外科治療の新戦略. 永井書店: 大阪, 2002; 229-253.
- 4) 李相雄, 奥田準二, 松木充ほか. 3D-CT 画像を応用した腹腔鏡下胃癌・大腸癌手術. 手術 2002; 56(10): 1471-1479.
- 5) 松木充, 奥田準二, 可児弘行ほか. 消化管の腹腔鏡下手術の支援画像. 外科治療 2003; 89(5): 567-580.
- 6) Lee SW, Shinohara H, Matsuki M, et al. Preoperative Simulation of Vascular Anatomy by three-dimensional computed tomography imaging in laparoscopic gastric cancer surgery. J Am Coll Surg 2003; 197: 927-936.