

ロボット手術 2nd Phase

徹底分析
シリーズda Vinci Xi®を用いた
ロボット支援下食道切除術

麻酔科医の視点から

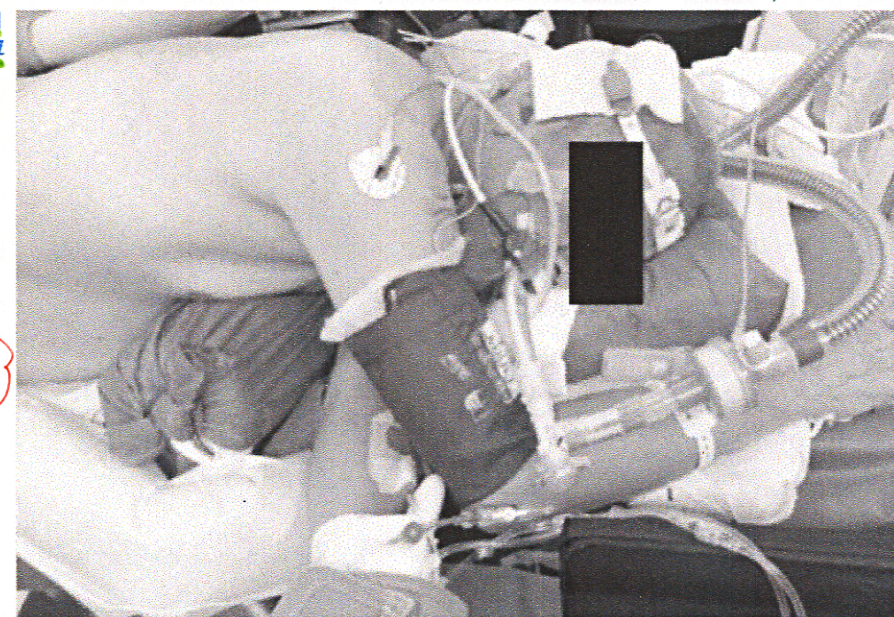
瀧西 史麻・柚木 一馬

食道癌に対するロボット支援下手術は2018年に保険収載されて以降、年々その割合が増加している。精密な手術操作や患者侵襲におけるさまざまなメリットを有する反面、麻酔管理では長い手術時間や特殊な体位、ロールイン後の患者へのアクセス制限、確実な分離換気の維持、反回神経モニタリングの実施など、多くの困難を伴う。

本稿では、ロボット支援下食道切除術における神戸市立医療センター中央市民病院（以下、当院）での麻酔管理の現状や工夫について具体的に述べる。

食道癌患者は高齢者が多く、併存疾患を抱えている場合が少なくない。また、悪性腫瘍の影響や化学療法、嚥下障害などの影響により、低栄養状態であることが多い。低栄養は創傷治癒不全や感染症のリスクにもなるため、術前から積極的に改善に努める必要がある。当院では、低栄養患者には麻酔科外来でエンシュア・リキッド®（アボットジャパン社）を処方している。食道の通

過障害や逆流性食道炎がないか、自覚症状およびCTや上部消化管内視鏡検査の画像所見を確認する。化学療法や嚥下障害による食思不振のある患者は循環血液量が減少していることが多い。心毒性のある抗がん薬を使用している場合には、術前の心機能評価も必要である¹⁾。喫煙歴があることも多いので、慢性閉塞性肺疾患（COPD）の有無など呼吸機能を評価する。本手術では術中反回神経損傷のリスクがあるため、術前の症状のベースラインとして嚔声や飲み込みにくさがないか確認してお



TAKINISHI, Shima・YUNOKI, Kazuma
神戸市立医療センター中央市民病院 麻酔科

0.5リットル・色ベタ・水地 14リットル

く。また、長時間手術であり体位の影響で神経障害や皮膚障害をきたし得るため、既存の神経障害（化学療法によるしびれの有無など）や皮膚障害、関節の可動域などをチェックしておく。

セッティングと
顔面の保護

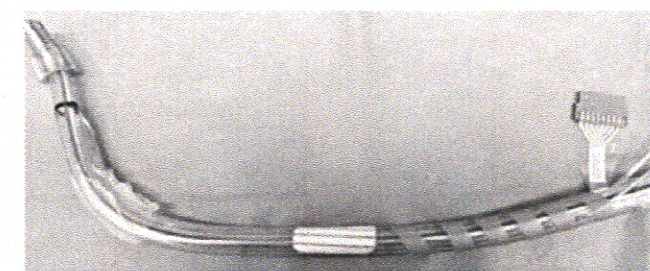
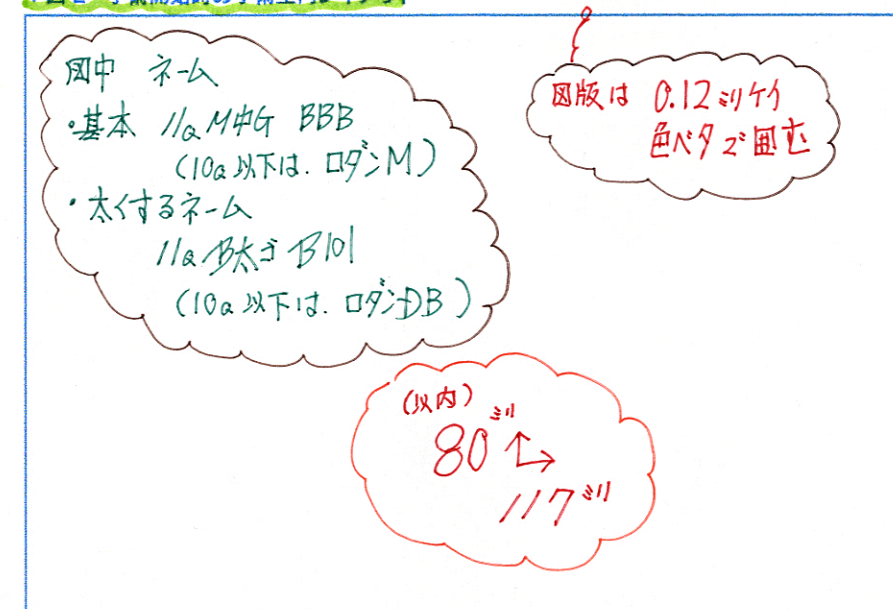
導入後、左側臥位からさらに上体を左に倒し半腹臥位となる（図1）。観血的動脈圧ラインや静脈ラインはすべて左前腕に確保している。頭部には側臥位用のソフトナース・クッションを使用して左耳介や眼球の圧迫がないように調整する。手術開始時には図2のように、麻酔器はベシエントカートを避けるように患者から離す必要がある。術中患者へのアクセスは非常に制限されるため、体位変換後に再度チューブの位置を調整してしっかりと固定する。末梢および動脈ラインは十分に延長し、麻酔中にすぐに薬物投与や採血が可能か確認する。BISモニター、筋弛緩モニターなども剥がれないようしっかりと固定しておく。胃管は胸部操作の途中で抜去する必要があるので外しやすいように固定し、麻酔器側に垂らしておく。

気道管理

片肺換気 安全な胸部操作には確実な片肺換気による良好な術野確保が要求される。以前、当院では気管支ブロッカーを用いていたが、手術操作で頻繁にずれを生じてしまうという問題があった。ロールイン後に気管支ブロッカーの位置調整は容易ではないことから、外科医と

徹底分析シリーズ ロボット手術 2nd Phase 10a 新ゴR
色ベタ+スミベタ (以下同)

▼図2 手術開始時の手術室内レイアウト

図3 チューブに貼付した
ラリンジール電極

相談して、現在は左用ダブルルーメンチューブを用いた管理に変更した。左用ダブルルーメンチューブは気管支ブロッカーと比較すると位置異常が少ない²⁾。

反回神経モニタリング

反回神経は嚥下機能や発声機能に関与しており、損傷すると術後の嚔声や誤嚥の原因となる。食道手術では胸部操作時に反回神経を損傷するリスクがあるため、反回神経モニタリングの有用性が示唆されている^{3,4)}。

甲状腺手術では、モニタリング用の電極が内蔵されたチューブを使用しての反回神経モニタリングが推奨されている⁵⁾。神経刺激装置によって微弱な電流を反回神経に流すと声帯が収縮し、

この収縮による信号を電極がとらえて神経刺激装置のモニターに波形が描出されるという仕組みである。ただし、専用のEMG電極つき気管チューブが必要であり、ダブルルーメンチューブやスパイラルチューブではモニタリングができなかったが、2021年10月に日本でも承認された inomed 社のラリンジール電極（当院では Laryngeal Electrode select for tube with 7~9 mm inner diameter を採用している）を使用することで、さまざまなタイプのチューブで反回神経モニタリングが行えるようになった。

ラリンジール電極 13a ロダンDB ラリンジール電極はシール状になっており、チューブに貼付して使用する（図3）。ダブルルーメンチューブは太いの

徹底分析シリーズ ◆ ロボット手術 2nd Phase

▼図4 ビデオ喉頭鏡で電極の位置を確認

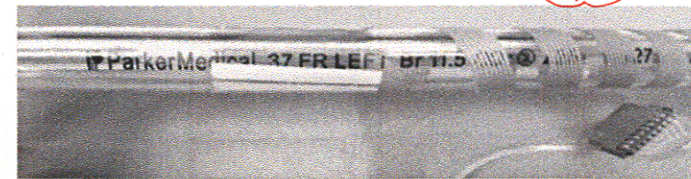


図5 適正位置の目安

で多少電極に隙間ができてしまうが、隙間が患者の背側になるように貼付しておけば位置調整によって電極は声帯に接するためモニタリング上問題とはならない。ビデオ喉頭鏡と直達喉頭鏡では、反回神経モニタリング成功率に差が出る⁹⁾ため、ビデオ喉頭鏡で挿管し、チューブ位置を調整した後でビデオ喉頭鏡や気管支ファイバーにより電極が声帯に接しているか確認する (図

4)。接していない場合にはチューブ位置の調整が必要になる (コメント)。気管分岐部から左上葉支と下葉支の分岐部までの距離が短い場合には安全域が狭く調整しきれないこともあるため、事前にラリンジール電極を貼る位置は重要である。当院では、左用ダブルルーメンチューブを使用する呼吸器外科手術の際に声門の位置がチューブのどのあたりに位置するかを確認して記録し、電極貼付位置の参考とした。個人差はあるが、当院で採用しているパーカーエンドブロンコ気管支チューブ

麻酔維持

*左気管支用 (エム・シー・メディカル社) は、チューブの文字 37FR の「3」の文字あたりに約 37 mm ある電極の中央を位置させるように貼付することで、多くの症例で適正位置になる (図 5)。チューブ位置調整後に半腹臥位をとるため、チューブは深めに留置することも考慮する。

典型的には吸入麻酔を用いた麻酔維持を行い、フェンタニル、レミフェンタニルおよび硬膜外麻酔によって鎮痛を行っている。手術は胸部操作→腹部操作→頸部操作と進行していくが、管理に難渋するのはほとんどが胸部操作時である。胸部操作には片肺換気を要し、リンパ節郭清が完了するまで筋弛緩薬を使えず、手術操作によりしばしば心血管系が圧迫されることによる血圧低下が問題となる。体動によってロボットアーム鉗子が周囲の心臓や大血管、肺などの重要臓器の損傷を引き起こすと致命的になり得るため確実な不動の達成が求められる。筋弛緩薬を使用できないので、深い鎮静と強い鎮痛が必要である。硬膜外麻酔による術野の鎮痛も有効ではあるが、ダブルルーメンチューブの刺激を取り除き不動を維持するためにはある程度のレミフェンタニルは必要である。レミフェンタニルと硬膜外局所麻酔薬投与が相まって大きく血圧が下がることがあるため、筆者は胸部操作中にはレミフェンタニル 0.3 μg/kg/hr 程度と硬膜外には麻

問題点

食道手術は長時間に及び、ダブルルーメンチューブは通常のチューブよりも

薬のみを投与している。硬膜外麻酔投与は局所麻酔薬投与と比して血圧低下をきたしにくい³⁹⁾が、長時間にわたる広範囲の鎮痛が得られやすいので好んで使用している。

血圧低下に対してはフェニレフリンやノルアドレナリンを持続で使用している。既往歴や昇圧薬必要量を考慮してレミマゾラムを使用して維持することもある。

胸腔操作時には麻酔要因以外にも心臓や下大静脈、肺動脈などの血管が直接圧迫され、大きく血圧が低下することがある。術野カメラとバイタルサインから目を離さず、異常時には術者にはっきりと伝える必要がある。当院ではコンソールにいる術者から見える位置にもバイタルサインを映したモニターを設置し、バイタルサインの異常をすぐに共有できるようにしている。胸部でリンパ節郭清が終了した後に筋弛緩薬を投与している。レミフェンタニルも投与量を調整し、腹部操作に向けて硬膜外には局所麻酔薬を投与する。

術後鎮痛

胸部には第 3～9 肋間の範囲に 5 か所のポートが設置される。腹部には上腹部に複数の腹腔鏡ポート用の創部ができる。頸部の創部は横に数 cm 程度である。当院では原則として抜管は手術室で行う。術後回復の促進や合併症を減らす目的⁹⁾で硬膜外鎮痛を主体としている。胸腹部の創部痛カバーのための目標麻酔域は T₃～T₁₀ であり、T_{5/6} 付近を穿刺している。広範囲を鎮痛する必要があるため多量の局所麻酔薬投与により血圧低下が問題となるこ

とがある。筆者は局所麻酔薬を薄めて麻酔を添加し、流量は多めに設定している。指示簿には血圧や疼痛に応じて投与量は病棟で調節可能と記載している。

例：0.2% ロピバカイン 120 mL + フェンタニル 20 mL + 生理食塩液 60 mL 計 200 mL、流量 6 mL/hr

手術終盤で患者に接続するが、その前に再度しっかりと鎮痛域を広げて抜管に備える。

抜管後疼痛の訴えがある場合には、コールドテストを行って麻酔域が狭いのか、鎮痛の強度が足りないのかを判断する。前者の場合は薄めた局所麻酔薬 (例：0.1% ロピバカイン 8 mL) や麻薬 (例：フェンタニル 2 mL + 生理食塩液 8 mL) など投与する。左右差がある場合にはチューブを 1 cm 引き抜くことも考慮する。麻酔の範囲は問題ないが、強度が不足していると判断した場合には、濃いめの局所麻酔薬 (例：0.375% ロピバカイン 3 mL) を投与する。いずれにせよ局所麻酔薬中毒には注意が必要であり、少量分割投与の原則を守り帰室先のハイケアユニットで観察を継続する。

上記で頸部の創部痛はカバーできないため、病棟では頸部の疼痛の訴えがよくみられるようである。別途アセトアミノフェンや非ステロイド性抗炎症薬 (NSAIDs) を使用してコントロールを図っている。

ロボット支援下食道手術は長時間、高侵襲の手術であり、硬膜外麻酔や分離肺換気、神経モニタリングといった麻酔科的手技も多い。大変さという印

象があるかもしれないが、ほかの手術で学んできたことを組み合わせの一つ一つ丁寧に組み立てば患者にとってより安全で正確な医療の提供につながる。

13a 見出し MB 31

文献

1. 萩平 哲訳. 胸部外科手術の麻酔. In: 稲田英一監. MGH 麻酔の手引. 第 7 版. 東京: メディカル・サイエンス・インタナショナル, 2017; 353-73.
2. Palaczynski P, Misiolek H, Szarpak L, et al. Systematic review and meta-analysis of efficiency and safety of double-lumen tube and bronchial blocker for one-lung ventilation. J Clin Med 2023; 12: 1877.
3. Fu S, Guo Y, Lu X, et al. Effectiveness of recurrent laryngeal nerve monitoring on nerve paralysis during open McKeown esophagectomy: a prospective, cohort study. Langenbecks Arch Surg 2025; 410: 158.
4. Kobayashi H, Kondo M, Mizumoto M, et al. Technique and surgical outcomes of mesenterization and intra-operative neural monitoring to reduce recurrent laryngeal nerve paralysis after thoracoscopic esophagectomy: a cohort study. Int J Surg 2018; 56: 301-6.
5. 日本内分科学会 甲状腺腫瘍診療ガイドライン小委員会 IONM ガイドライン作成 WG. 甲状腺及び副甲状腺手術時の術中神経モニタリングに対するプラクティカルガイド. 第 1 章 IONM の基礎知識. 日内分外会誌 2025; 42 (増刊号): 1-10. (https://jaes.umin.jp/info/files/guideline20251002.pdf) (2025 年 10 月 27 日閲覧)
6. Yuda M, Takahashi K, Ishikawa Y, et al. Effect of intraoperative posture on accurate diagnostic rate of intraoperative nerve monitoring during esophagectomy. Ann Gastroenterol Surg 2025; 9: 920-5.
7. Staubitz JI, van der Sluis PC, Berth F, et al. Recurrent laryngeal nerve monitoring during totally robot-assisted Ivor Lewis esophagectomy. Langenbecks Arch Surg 2020; 405: 1091-9.
8. Oliveira T, Nakamura ET, Harada FHB, et al. Epidural anesthesia in esophagectomy: a systematic review and meta-analysis. J Gastrointest Surg 2025; 29: 102093.