

当科におけるロボット支援縦隔手術導入5例と今後の展望

阪本 仁

概 要：当科におけるロボット支援手術導入5例について検討した。今回経験した5例は前縦隔が3例、中縦隔が2例であった。アプローチは側胸アプローチ（側臥位）3例、同（仰臥位）1例、剣状突起下アプローチ1例であった。CO₂送気併用は3例であった。剥離・切離方法はダブルバイポーラが3例、シンクロシール™併用は2例であった。その他使用したものはMLクリップアプライヤー2例、自動縫合器（従来の胸腔鏡用のもの）1例であった。ロボットアームでの縫合・結紮を必要としたものが2例であった。合併症は除脈性不整、肺漏を1例ずつ認め、どちらもグレードIであった。5例のみではあるが、様々な経験ができた。ロボット支援縦隔手術においてより安全で、繊細な手技を低侵襲で行っていくことが可能であると分かり、次の目標であるロボット支援下肺葉・区域切除へ向けて準備する上で重要な経験となった。

索引用語：ダヴィンチ導入、縦隔手術

Five Cases of Robot-Assisted Mediastinal Surgery in Our Department and Future Prospects

Jin SAKAMOTO

Key words : da Vinci Installation, Mediastinal Surgery

【はじめに】

オリバー・パークマンは「不完全主義 限りある人生を上手に過ごす方法」(高橋璃子訳)¹⁾において、AIをはじめとした技術の進歩は仕事の負荷を制御させてくれそうに見えるが、実はそうではなく、未来への不安、やることリストは常に溢れかえっていると。そしてそのやることリストで苦しめられない方法として、1日短時間でもそれに向き合い、現実をありのままに受け止めることが大事な仕事を進める戦略であるとした。本稿ではその戦略に基づき、自らの「不完全」を受け入れ、ロボット支援縦隔腫瘍手術に少しずつ向き合った日々を振り返る。

【手術支援ロボット導入会議、da Vinci Xiの納品】

2023年1月30日、手術支援ロボット導入会議が消化器外科、泌尿器科、当科で開始された。ロボット支援手術の他施設導入例や学会報告が増えているにも関わらず、当科としては導入に関して漠然とした希望はあったが、この時点では具体的な準備や導入時期を検討できていなかった。その後の会議でda Vinci Xi（以下、ダヴィンチ）の導入が正式に決定、2023年5月22日に手術室に納品され一気に機運が高まり、当科でも具体的な準備を進めることになった。

【目 的】

標準治療となりつつあるロボット支援手術を必要な患者に適切に提供するため、更に若手外科医の育成のツールとして教育の機会を失わないためにも、導入が必要であると呼吸器外科医として考える。一方で、病院においては、呼吸器外科分野ではロボット支援手術の保険点数は上乘せされておらず、経営面では「コストが高く診療報酬上メリットが少ない手術」ではある。しかし、ロボット支援手術に対する患者の認知、期待が徐々に高まっており、「ロボット支援手術を希望する」患者が増えていくことが予想され、未導入は患者獲得の点で苦戦を強いられると考える。また、これから件数や術式が増えるであろうロボット支援手術の教育病院は若手外科医にとって魅力があり、医師獲得につながると思う。

以上、呼吸器外科医にとって①治療の選択肢、②若手外科医の育成、更に病院にとって、①患者獲得、②若手外科医の獲得がロボット支援手術の導入の目的と考える。

【手術の方向性】

ロボット支援手術のメリットである良好なカメラ視野、手振れしない繊細な鉗子の動きを生かし、従来の胸腔鏡下に行ってきた手術をロボット支援手術でより安全に行う方向性を考える。更に、これまでは開胸（胸骨正中切開）で行ってきた心膜や血管切除及び再建が必要な縦隔手術を、ロボット支援手術で低侵襲に行う方向性を考える²⁾。

【施設基準、保険適用】

施設基準、保険適用して学会（呼吸器外科学会）が示している呼吸器外科領域におけるロボット支援手術を行うに当たってのガイドライン³⁾及び、厚生労働大臣が定める施設認定⁴⁾について熟知する必要がある。

施設基準の一つとして、縦隔腫瘍に関わる手術を年間（1月～12月の総計）10例以上施行しており、そのうちロボット支援手術または胸腔鏡下手術を年間5例以上行っていることが挙げられる。また、ロボット支援縦隔手術導入5例の手術関連の費用（手術と麻酔料）は病院負担となる。その後、保険適用となる。

【手術見学】

以下の3施設で合計4回の手術見学を行った。

姫路医療センター（肺葉切除、阪本、臨床工学士1名が参加）。

倉敷中央病院（肺葉切除、阪本、臨床工学士2名が参加、別日に剣状突起下縦隔手術、阪本が参加）。

島根大学医学部附属病院（剣状突起下縦隔手術、阪本、医師1名、臨床工学士2名、手術室看護師2名が参加）。

【高難度新規医療技術の申請】

2023年12月28日に当院臨床研究・治験審査委員会において受理された。

【術者基準】

呼吸器外科領域におけるロボット支援手術を行うに当たってのガイドラインに記載されている³⁾。更に、製造販売会社による下記のトレーニング及び見学を行い、術者証（Certificate）の取得をした。

e-learning（オンライントレーニング）

2023年11月5日、webサイト（da Vinci Surgery Community）でダヴィンチの概要や基本操作を学び、テストを受け、修了証が発行された。

シミュレーター

（付録「ダヴィンチシミュレーターを100回ぐらいやってみてわかったこと」を参照ください）

Certificate取得のための手術見学

岡山大学病院、肺葉切除。

TR100ベーシックトレーニング

2004年8月6日、東京トレーニングセンター（東京都江東区）、ダヴィンチの操作スキルをドライラボ及びウェットラボで習得した。

【プロクター招聘】

縦隔手術について最低1例のプロクター招聘手術が必須とされる³⁾。

【症 例】

以下の症例1～5においてロボット支援手術を行った。いずれの症例においても、術前にシミュレーション（体位、ロールイン、緊急ロールアウト訓練）及び

術後に振り返りを行った。

症例1

現病歴 他疾患の精査のために施行した胸部CTで前縦隔に17mm大の陰影を認め、当科へ紹介となった。MRIで嚢胞の画像診断で、経時変化について経過観察の方針とした。7か月後の胸部CTにて21mm大で軽度の増大を認めた。病理診断と治療を目的に手術の方針となった。

胸部CT画像 前縦隔のほぼ正中に陰影を認める(図1A)。

手術

プロクター：招致あり。

アプローチ：剣状突起下アプローチ。

体位：仰臥位，剣状突起の高さで横にクッションを置き，胸部を伸展させた。

部屋の配置：図2Aのように配置した。

ポート（順にアーム1～4）：

右7肋間前腋窩線（8mmダヴィンチポート），
右7肋間鎖骨中線（8mm同ポート），剣状突起下（3cmアルノート），左7肋間鎖骨中線～前腋窩線（8mm同ポート）。

ロールイン：患者の左側方から。

カメラ：30度斜視。

使用した鉗子類：フェネストレイテッドバイポーラ，メリーランドバイポーラ，シンクロシール™。

ジェネレータ：FT-10（出力35，メリーランドバイポーラ）。

CO₂送気：気胸圧8mmHg。

コンソール時間：185分。

手術の要点：定型通り，嚢胞を含めた胸腺組織を左右横隔神経，左腕頭静脈を損傷しないように留意して，心膜から剥離して胸腺部分切除を行った。

術後経過 術後1日目に高度房室ブロックによる5～6秒間の30台/分の徐脈を認めた。循環器科へコンサルトして心エコーやホルター心電図にて精査したが正常範囲で，ブロックは一時的なものであった。術後6日目に退院した。

病理 胸腺嚢胞または気管支原性嚢胞。

症例2

現病歴 発熱の精査のために施行したCTで前縦隔に53mm大の陰影を認めたため，当科に紹介された。MRIで血液や高蛋白成分の液体成分の嚢胞の画像診断を得た。2年間の経過観察を行い，嚢胞の縮小がないため，病理診断と治療を兼ねた手術を予定した。

胸部CT画像 前縦隔の右側に陰影を認める(図1B)。

手術

プロクター：招致あり。

アプローチ：右側胸アプローチ。

体位：仰臥位，手術台と患者の右縁を一致させ，患者の右上肢は体幹に這わせた上肢台に載せ通常より低いクッションを使い手術台より5cm低い位置になるようにした(図2B)。

部屋の配置：図2Aのように配置した。

ポート（アーム1は使用せず，順にアーム2～4）：
右4肋間前腋窩線（8mmダヴィンチポート），
右6肋間前～中腋窩線（8mm同ポート），右7肋間季肋部付近，助手用専用ポートとして，剣状突起下（3cmアルノート）。

ロールイン：患者の左側方から。

カメラ：30度斜視。

使用した鉗子類：メリーランドバイポーラを2本。
ジェネレータ：E-100（出力3），FT-10（出力35）。

CO₂送気：気胸圧8mmHg。

コンソール時間：48分。

手術の要点：横隔神経より1cm腹側で縦隔胸膜を切開，心膜から胸腺組織を剥離，嚢胞を肉眼的に確認しながら，胸骨裏面，嚢胞から周囲1cmをメルクマールにして，嚢胞を含む胸腺を部分切除した。

術後経過 術後1日目に胸腔ドレーンを抜去，術後5日目に退院した。

病理 胸腺嚢胞または気管支原性嚢胞。

症例3

現病歴 当院泌尿器科にて前立腺がんの治療中に施行したCTで前縦隔の陰影の増大（8mm⇒12mm，4年間）を指摘され，当科へ紹介された。2年間の経過観察を行い，嚢胞の縮小がないため，病理診断と治療

を兼ねた手術を予定した。

胸部CT画像 前縦隔の左側に陰影を認める（図1C）。

手術

プロクター：招致あり。

アプローチ：左側胸アプローチ。

体位：右側臥位，クッションを右側胸部に敷いて，ベッドの角度を用いて体幹を屈曲させ，ロボットのアームに当たりやすい骨盤（特に腸骨稜）を下げるようにした（いわゆる鯖折りの体位，図2C）。

部屋の配置：図2Aのように配置した。

ポート（アーム4は使用せず，順にアーム1～3）：左6肋間前腋窩線（8mmダヴィンチポート），右6肋間前～中腋窩線（8mm同ポート），右7肋間季肋部付近，助手用専用ポートとして，剣状突起下（3cmアルノート）。

ロールイン：患者左側方から。

カメラ：30度斜視。

使用した鉗子類：フェネストレイティッドバイポーラ，シンクロシール™。

ジェネレータ：FT-10（出力35）。

CO₂送気：なし。

コンソール時間：214分。

手術の要点：胸壁に肺との癒着があり，シンクロシール™で切離した。尾側は左主肺動脈起始部の高さ，手前は横隔膜より1cm腹側をメルクマールにして，嚢胞を含む胸腺を心膜から剥離した。奥側は胸骨裏面で縦隔胸膜，胸腺を切離，頭側は左腕頭静脈を確認し，その尾側で胸腺を部分切除した。癒着剥離部の肺漏を認めたため，3-0バイクリルSH™を15cmに短く調整したものをを用いて，ロボットアームにて内腔結紮を2か所に行い修復した。軽微な肺漏は認めたが，生体糊とネオベールシート™を用いて補強して終了した。

術後経過 術後3日目に胸腔ドレーンを抜去したが，4日目の胸部単純X線写真で左肺の軽度の虚脱を認め，軽度の肺漏と判断した。術後5日目の胸部単純X線写真で虚脱の進行なく，退院とした。外来での経過観察で，肺漏の消失を確認した。

病理 胸腺嚢胞。

症例4

現病歴 発熱の精査で施行されたCTで中縦隔に40mm大の陰影を指摘された。MRIとリンパ管シンチグラフィーを施行し，胸管嚢胞の画像診断を得た。初診から経過観察を行っていたが，3年5カ月後のMRIで45mm大と軽度の増大を認めたため，手術を予定した。

胸部CT画像 中縦隔，右胸腔内に食道と下大静脈に接した陰影を認める（図1D）。

手術

プロクター：招致あり。

アプローチ：右側胸アプローチ。

体位：後側方開胸に準じた左側臥位，クッションを左側胸部に敷いて，6度前方へ，6度頭高位ヘローテーション，鯖折りは行わなかった。

部屋の配置：図2Dのように配置した。

ポート（アーム4は使用せず，順にアーム1～3）：9肋間－後腋窩線～肩甲骨下縁のライン（3cmアルノート），7肋間－中～後腋窩線（8mmダヴィンチポート），6肋間－後腋窩線～肩甲骨下縁（8mmダヴィンチポート）。

ロールイン：患者右側から。

カメラ：30度斜視。

使用した鉗子類：ロングバイポーラ，メリーランドバイポーラ，MLクリップアプライヤー。

ジェネレータ：FT-10（出力35），E-100（出力3）。

CO₂送気：気胸圧8mmHg。

コンソール時間：256分。

手術の要点：縦隔胸膜を切開し，胸管は拡張，屈曲していたが，頭側，尾側を確認した。絹糸での結紮，クリップ，自動縫合器（血管用，ロボットアームに使用できるものではなく従来のもの）を使用して胸管の頭尾側を結紮し，その間の胸管を一塊に切除した。

術後経過 合併症なく，術後5日目に退院した。

病理 胸管嚢胞。

症例5

現病歴 胸部外傷の際に施行したCTで中縦隔に19mm大の陰影を認めたため，当科へ紹介された。MRIでは嚢胞の画像診断であり，リンパ管シンチグラフィーでは胸管嚢胞は否定された。10か月後のCTで23mm大と増大を認めたため，病理診断を兼ねた手術

を予定した。

胸部CT画像 中縦隔，右胸腔内に食道に接した陰影を認める（図1E）。

手術

プロクター：招致あり。

アプローチ：右側胸アプローチ。

体位：後側方開胸に準じた左側臥位，クッションを左側胸部に敷いて，5度前方へ，10度頭高位へローテーションした。体幹をベッドの屈曲を用いて鯖折りの体位とし，鯖折りの位置を症例3より約10cm頭側とした（図2E）。

部屋の配置：図2Dのように配置した。

ポート（アーム4は使用せず，順にアーム1～3）：
8肋間－前腋窩線（30mmウンドリトラクター），
8肋間－中～後腋窩線（8mmダヴィンチポート），
7肋間－肩甲骨下縁のライン（8mm同ポート）。

ロールイン：患者右側，やや尾側から。

カメラ：30度斜視。

使用した鉗子類：フェネストレイティッドバイポーラ，メリーランドバイポーラ，MLクリップアプライヤー。

ジェネレータ：FT-10（出力30）．E-100（出力5）。

CO₂送気：なし。

コンソール時間：118分。

手術の要点：縦隔胸膜を切開，嚢胞の周囲を剥離，頭側で食道を確認して，嚢胞裏面と食道の間を剥離した。最後に残った嚢胞の尾側をクリップして切除した。

術後経過 合併症なく，術後5日目に退院した。

病理 中皮嚢胞（心膜嚢胞あるいは胸膜嚢胞）。

【まとめ】

今回経験した5例では前縦隔が3例，中縦隔が2例であった。アプローチは側胸アプローチ（側臥位）3例，同（仰臥位）1例，剣状突起下アプローチ1例であった。CO₂送気併用は3例であった。剥離・切離方法はダブルバイポーラが3例，シンクロシール™併用は2例であった。その他使用したものはMLクリップアプライヤー2例，自動縫合器（従来の胸腔鏡用のもの）1例であった。ロボットアームでの縫合・結紮を必要としたものが2例であった。合併症は除脈性不整，肺漏を1例ずつ認め，どちらもグレードI⁵⁾であった。

【考 察】

縦隔の区分

縦隔の区分は縦隔上部，前縦隔，中縦隔，後縦隔に分けられる⁶⁾。

縦隔上部，前縦隔に位置する病変へのアプローチ

側胸アプローチ（側臥位または仰臥位），剣状突起下アプローチが挙げられる。

側胸アプローチ（側臥位）

症例3のように前縦隔で肺門に近い症例は，肺葉・区域切除におけるアプローチに準じて行うことができると考える。ただし，肺葉・区域切除の場合は肺の展開のためのアームを追加し，縦隔手術の3アームではなく，4アームで行うことが多い。4アームの際のポート配置については更なる経験が必要だが，症例3の経験は今後当科で導入を検討する肺葉・区域切除において重要である。また，従来からの胸腔鏡手術と異なる点として，ベッドの角度を用いて体幹を屈曲させ，ロボットのアームに当たりやすい骨盤（特に腸骨稜）を下げるようにした体位（いわゆる鯖折り）が必要なことが多く，その意味で症例3，5の経験は重要である。

側胸アプローチ（仰臥位）

当科で従来の胸腔鏡下縦隔手術で行ってきたアプローチであり慣れているが，ロボット手術特有の問題点がある。一つはロボットアームが従来の胸腔鏡手術の鉗子に比べて大きいため，小柄であるとポート間の距離（6～7cm）が十分とれないことが多い。また，距離が十分に取れずアーム同士が干渉したりすると，ポートが金属であるため，容易に肋骨骨折の原因になると考える。更に，カメラポートとターゲットの前縁までの距離は10cm以上必要とされているが，それも十分に取れない可能性がある。症例1は小柄（身長148cm）であることを考慮し，側胸アプローチを選択しなかった。文献を検索した限りで本アプローチと体格の適応について明確に記載したものはないが，当科では身長150cm以上は必要と考えている。また，アームが大きいため，患側の右上肢と接触することがあり，症例2のような体位の工夫が必要である。

剣状突起下アプローチ

剣状突起下アプローチは本邦で須田らが側胸アプローチに替わるアプローチとして開発したものである⁷⁾。

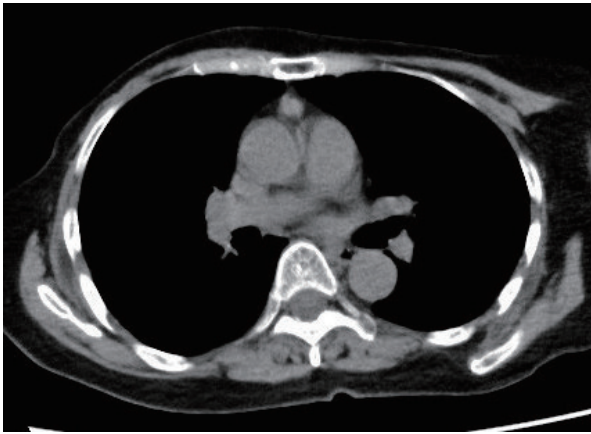


図1A 前縦隔のほぼ正中に陰影を認める

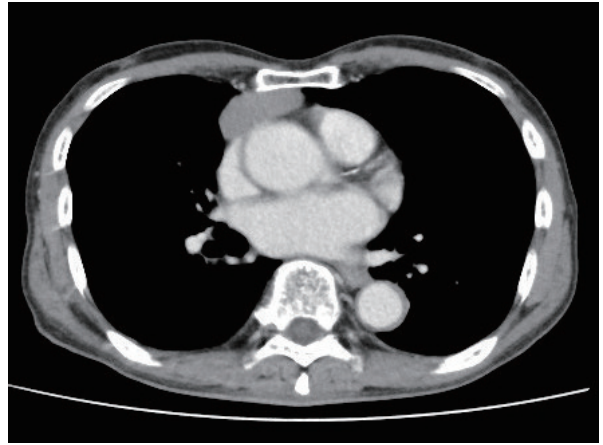


図1B 前縦隔の右側に陰影を認める

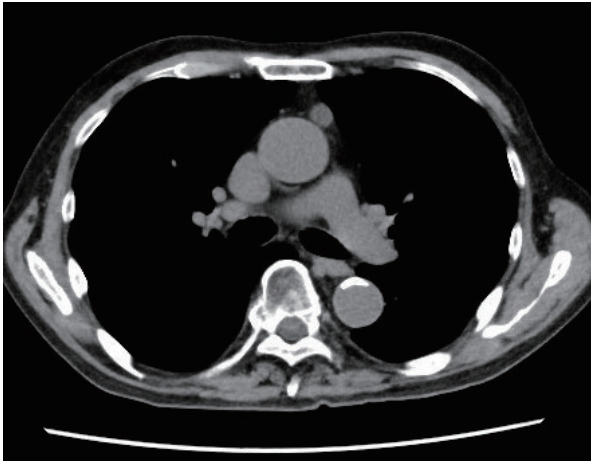


図1C 前縦隔の左側に陰影を認める

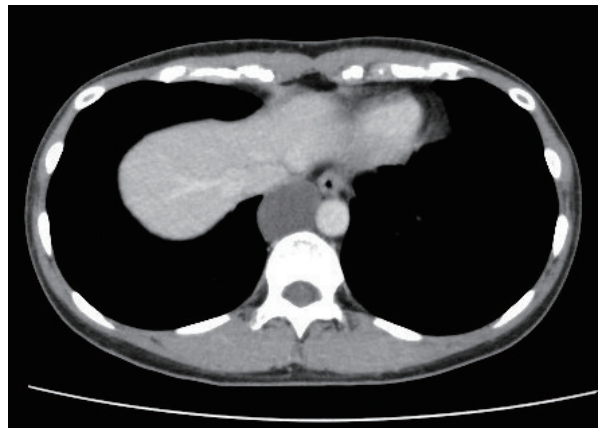


図1D 中縦隔，右胸腔内に食道と下大静脈に接した陰影を認める

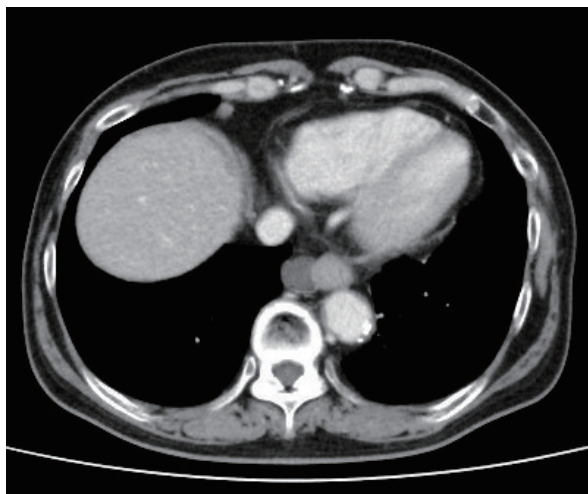


図1E 中縦隔，右胸腔内に食道に接した陰影を認める

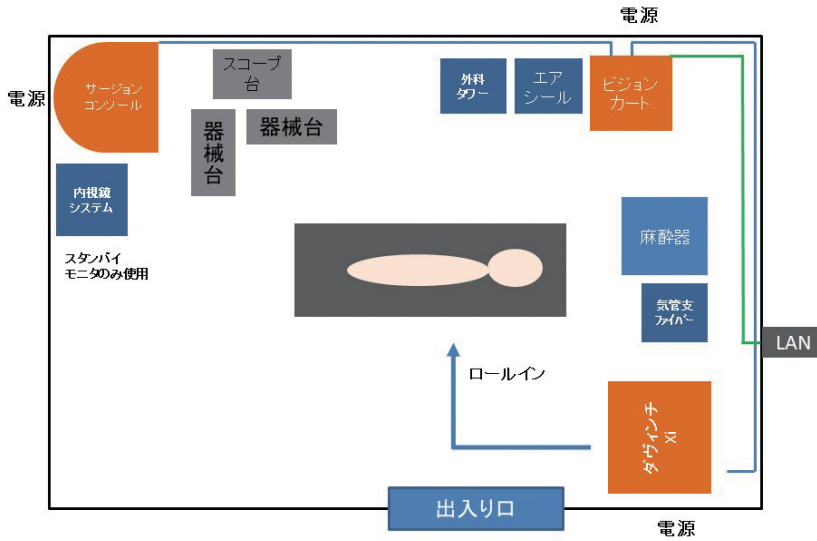


図2A 患者左側からのロールインの場合の部屋の配置（症例1～3）

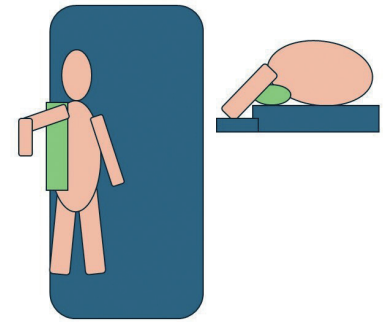


図2B

右側胸アプローチ（仰臥位）における右上肢の位置（症例2）。必要であれば肩枕を体幹右縁に沿って頭尾方向に入れる。体をベッド右端ギリギリまで寄せ、上肢台のあんこ（通常使うマット）を外し、厚さの薄いソフトマットを置き、できるだけ右上肢が下に落ちるようにする。

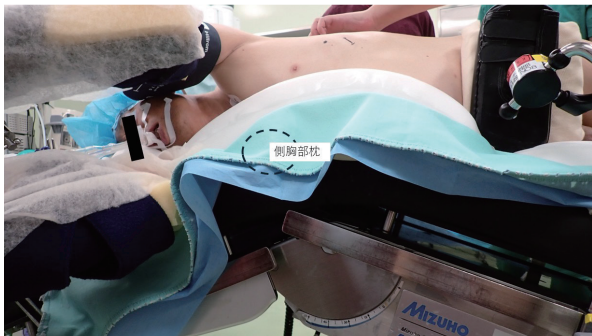


図2C 左側胸アプローチ（側臥位）で前縦隔がターゲットの場合の鯖折りの体位（症例3）

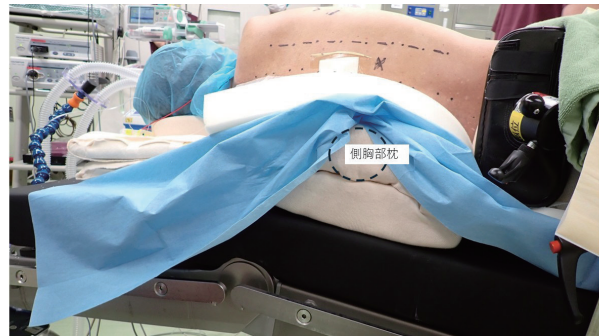


図2E 右側胸アプローチ（側臥位）で中縦隔がターゲットの場合の鯖折りの体位（症例5）

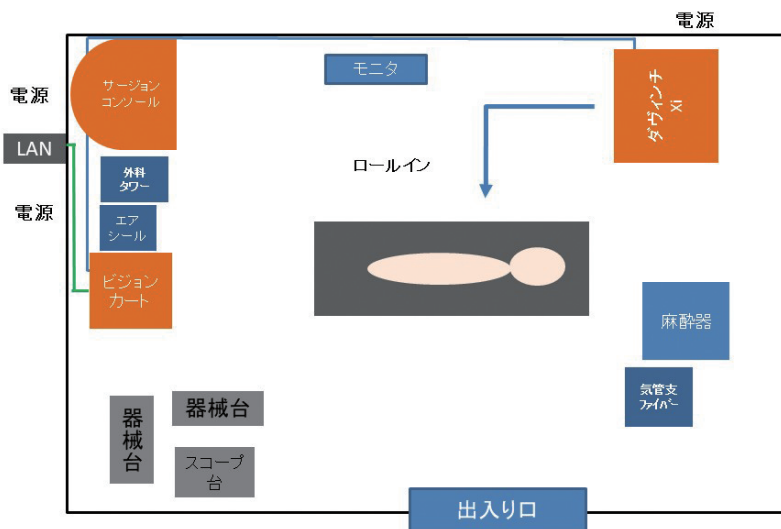


図2D 患者左側からのロールインの場合の部屋の配置（症例4, 5）

両側開胸になる²⁾、横隔膜付近の視野がとりにくい²⁾、腹満、胸郭の前後径が小さい、漏斗胸の時ではアプローチが難しい⁸⁾といった欠点がある。一方、側胸アプローチ（仰臥位）では、上述のようにスペースの関係で3ポートがやっとであるが、当アプローチでは通常、4ポート配置が可能である。また、左腕頭静脈にターゲットを置くことが多いが、剣状突起下から見上げる形になり、距離が十分に取れる。つまり、左腕頭静脈付近の縦隔上部の視野が良好で、病変が縦隔上部に存在する時には特に有用である⁹⁾。更に、切除ラインの重要なメルクマールとなる横隔神経の視認性について、側胸アプローチで対側の横隔神経を確認するためには、両側での側胸アプローチが必要になるが、本アプローチでは両側の横隔神経が確認できる⁹⁾。

中縦隔と後縦隔に位置する病変へのアプローチ 側胸アプローチ（仰臥位）

症例4, 5のように食道や脊椎付近の中縦隔及び後縦隔では体位が側臥位でも前屈である点、ロールインの方向が患者背側からに限定される点、ポートの位置を病変（ターゲット）の位置によって変化させる必要がある点で、症例3のような肺葉・区域切除におけるアプローチとは異なる。また、頭高位にするのはターゲットが尾側にある場合でアームが立ちすぎないようにするのが理由と考える。また、症例4ではCO₂送気を行うことで横隔膜が尾側になりより良好な視野を得ることができた。今回、肺葉・区域切除に近いアプローチである症例3も併せて経験できたことで、上記の相違点を実感することができた。

ロールインの方法と部屋の配置

各症例後の振り返りの1つとして部屋の配置について検討したが、患者左からのロールインにおいては図2A、右からのロールインにおいては図2Dの形を今後のデフォルトにすることができた。

コスト対策

CO₂送気使用の有無については良好な視野が得られ、圧による止血効果や剥離面へ流入により剥離が容易になるといった有用な点が多いが、専用のポート（アルノートTMなど）の使用が必要であり、通常のポートより高価である。縦隔腫瘍では視野の確保のために

CO₂送気の使用が必須であることが多いが、コストがかかっていることを認識する必要がある。また、単回しか使用できないもの（シンクロシールTM）はできるだけ使用せず、症例2, 4, 5のようにダブルバイポーラで剥離・凝固・切離を行い、適宜、結紮やクリップを使用することが重要と考える。また、症例4のようにロボットアーム専用の自動縫合器（シユアフォームTM）より廉価な従来の胸腔鏡手術での自動縫合器を使用することも選択肢と考える。

今後の計画

ロボット支援縦隔手術の施設認定基準（保険診療要件）である縦隔腫瘍手術10例（うち5例は従来の胸腔鏡またはロボット支援下）/年（1～12月）を今後も継続する必要がある。

また、ロボット支援肺葉・区域切除を今後導入するために、施設認定基準（保険診療要件）である肺悪性腫瘍手術50例（うち胸腔鏡下20例）/年（1～12月）の目途が立てば、次年1月からの導入を申請したいと考える。上記の基準の達成、維持のため、当科の手術における安全性と呼吸器内科、地域のかかりつけ医との信頼構築が必要である。具体的には、すべての手術症例において合併症のない軽快退院を目指し常に努力すること、手術症例の紹介元である呼吸器内科、地域のかかりつけ医に感謝し、密な連携を取っていくことが重要である。

【おわりに】

ロボット支援縦隔手術導入5例のみではあるが、様々な経験ができた。ロボット支援縦隔手術においてより安全で、繊細な手技を低侵襲で行っていき、次の目標であるロボット支援下肺葉・区域切除へ準備するために重要な経験となった。

【謝 辞】

施設見学時及びプロクターとして、ご指導いただいた植田充宏先生、岡崎幹生先生、小林正嗣先生、山田徹先生、山根正修先生（五十音順）に感謝申し上げます。

【参考文献】

1) オリバー・バークマン：不完全主義 限りある人

- 生を上手に過ごす方法 (かんき出版), 2025
- 2) 中村廣繁: 胸腺疾患に対する手術. 呼吸器外科ロボット支援手術 達人への道 (メジカルビュー社), 2023; 50-59
 - 3) 日本呼吸器外科学会: 呼吸器外科領域におけるロボット支援手術を行うに当たってのガイドライン, https://www.jacsurg.gr.jp/committee/guideline_davincii.pdf? 【2025-10-04】
 - 4) 厚生労働省保健局: 令和2年3月15日保医発0305第3号 特掲診療料の施設基準等及びその届出に関する手続きの取扱いについて. 2020; 180
 - 5) 日本臨床腫瘍研究グループ: JCOG術後合併症規準 (Clavien-Dindo分類) ver2.0 (CD単独), https://jco.jp/assets/JCOG_Clavien-Dindo_ver2.0.pdf 【2025-10-04】
 - 6) 日本胸腺研究会: 臨床・病理縦隔腫瘍取扱い規約 (第1版) (金原出版), 2009; 6-7
 - 7) Suda T, Tochii D, Tochii S, et al. Trans-subxiphoid robotic thymectomy. *Interact CardioVasc Thoracic Surg*, 2015; 20(5): 669-671
 - 8) 矢野智紀, 奥田勝裕. 縦隔の外科 手術手技アトラス (改訂2版) (南山堂), 2022; 93
 - 9) Park JH, Na KJ, Kang CH, et al. Robotic subxiphoid thymectomy versus lateral thymectomy: a propensity score-matched comparison. *Eur Cardiothoracic Surg*, 2022; 62(1): ezac288. doi: 10.1093/ejcts/ezac288

付録

ダヴィンチシミュレーターを100回ぐらいやってわかったこと

ロボット支援手術を始めるにあたり, シミュレーターでの練習は欠かせない. 私が練習を開始した際に, 英語のYouTube (例えば, [Da Vinci Skills Simulator https://www.youtube.com/watch?v=JrJuc7FDzaU](https://www.youtube.com/watch?v=JrJuc7FDzaU)) を見つけ大変参考となりましたが, 日本語によるマニュアルや攻略本は私が探した限り見当たりませんでした. それならば, シミュレーターをやりながらわかったことをまとめておこうと思い, ここに書き留めることにしました. 私がダヴィンチでの実際の手術手技を開始するまでに行った経験が含まれており, シミュレーターで点数を取ることに特化する内容のため, 実際の手術手技との乖離がある可能性を承知ください.

【総 論】

姿勢

坐位での手術であり, 楽そうに見えるが, 長時間になることも想定する必要がある. 背中や頸部の屈曲が適切かを常に確認しておく. 術者の操作 (マスターコントローラ) において, 上肢が適切な位置にあること, 例えば上肢が伸びきっていないか, 腋を締めているかなどを注意する. シミュレーターをある程度こなして良さそうな設定が見つければ, サージョンコンソールに記憶させることができる.

視野

動かしている鉗子が視野外になることは危険であり, 減点対象となる. 更に行っている動作が視野の中心に来ることが望まれる.

近接距離

どこまで対象に近接すべきかはタスクによるが, 実際の手術の場合は, 術者以外のスタッフ用のモニターから確認できる解像度まで近接できていることが安心できる手術となる.

【各 論】

基本手技

Camera 0

カメラペダルを用いて, 視野の中心部にある輪の中に指定されたボールを順に入れていくタスクである. 術者の手 (マスターコントローラ) が伸びきってしまったら, クラッチボタンで通常的位置に戻す必要があるのだが, カメラペダルとクラッチを間違えて同時に押ししてしまうとカメラペダルが優先されてしまい, カメラが思わぬ方向に動いてしまうため危険であり, 同時に押さないように留意する必要がある. そのような時は慌てずゆっくり確実に行う.

30-Degree Scope Swap

30度斜視のカメラの上下を替えるタスクである。コンソールのタッチパネルで切り替えることができる。棒の付いたブロックを鉗子で把持しながら行う必要があるため、把持していない手でタッチパネルを触らなければならない。また、上下に切り替える時、鉗子を見失ってしまうことは危険であるため、鉗子を切り替える方向の視野ぎりぎりに持って行ってから行うと切り替え後の鉗子の位置が分かりやすい。

Clutch

鉗子で指定されたボールを触るタスクであるが、このタスクに限ってはカメラペダルの使用が禁止されており、もし使用してしまったらその瞬間に強制終了となる。鉗子をボールに寄せた後、クラッチを利かせてマスターコントローラの位置を元に戻してからボールを触りに行くが良い。

Wrist articulation 1

穴の開いた透明の球体の両側にあるボールを両手の鉗子でタッチすると透明の球体が回転する。穴の開いたところから鉗子の先を入れて、透明の球体の中にあるボールに触るタスクである。鉗子が球体に接触しないように、マスターコントローラの回転により鉗子の関節をフレキシブルに動かす必要がある。この関節の動きがロボット支援手術における繊細さにつながる秀逸な操作になるのだが、その操作に慣れるために必須のタスクである。

Wrist articulation 2

Wrist articulation 1では透明な球体と同じ位置で回転するが、このタスクでは様々な方向を向いた透明な球体が空間内に配置されている。指定された透明な球体内のボールを指定された鉗子の先で触りに行く必要がある。カメラワーク（Camera 0）とWrist articulation 1を組み合わせたタスクである。指定された球体だけでなく、空間に配置されたその他の球体にも接触ないように鉗子を動かす必要がある。

Energy Panels

出てきたボールに右手のモノポールの鉗子を接触させる、またはブロックを左手のバイポールの鉗子で把持する。その後、左右（鉗子）、上下（カットまたは凝固）のペダルを間違えないように踏んでボールまたはブロックを焼灼する。モノポールの鉗子は接触していると認識されないことがあるので、刃を開い

て、少し押し付ける状態にすると認識されやすい。

Energy Panels 2

ボールにブロックが2つ付いた物体に指示通り右手のモノポールの鉗子を接触させる、またはブロックを左手のバイポールの鉗子で把持する。ブロックがボールの裏にくることがあるので、その場合はカメラワークを必要とする。30度斜視が設定されているので、斜めらから覗き込むと良い。

Three arm relayシリーズ

3つの鉗子を動かすタスクであり、スワップペダルを踏んで、動かせる2つの鉗子を選択しながら行う。アーム2がカメラ、アーム1, 3, 4が鉗子で、スワップペダルを踏んで1, 3⇔1, 4の切り替えを行う。

Three arm relay 1

アーム1, 4の鉗子で一番手前の箱についた横向きの扉を開き、スワップペダルを踏んで、アーム1, 3に切り替え、1は保持したまま、3の鉗子で扉の内側のブロックの枝を持って箱から取り出し、その奥にある次の箱の扉の近くへ持って行く。スワップペダルを踏んでアーム1, 4に切り替え、その箱の扉を同様に開き、その中にある入れ物にブロックを上から下に入れて格納する。上記を繰り返して、一番奥の箱からブロックを取り出したら、最後は一番手前の箱まで持ってきて、その箱の扉を開いて、ブロックを格納して終了である。上記のように鉗子を動かすため、アームクラッチパネルを用いて両手が当たらないように、更に伸びきってしまわないような適切な間隔・位置とすることが重要である。私は横向きの扉を開く直前に両手の位置を調整し、左右に均等な力と対称な位置になるように扉を開くようにした。

Three arm relay 2

Three arm relay 1と同様のタスクであるが、箱の扉が縦向きであること、箱の配置が右から左になっていること、ブロックを格納する方向が手前から奥になることが異なる。また、Excessive forceという減点が付きやすい。上下方向に扉を開く動作またはブロックを格納する動作に関連していると考えられ、前者の対策としてThree arm relay 1と同様に縦向きの扉を開く直前に両手の位置を調整し、上下に均等な力と位置で対称な位置になるように扉を開くようにした。後者の対策としてブロックの枝を持つ時は、なるべく枝の先を

鉗子わずかに斜めにもって行くとブロックが格納しやすい。ブロックが格納しにくい時は無理に押し込むと Excessive Force となるので、その時はブロックを近くの床や台の上において（減点にはならない）上記のように、鉗子で持つブロックの枝の位置と持つ角度を工夫して持ち替えて再度トライするようにする。

Three arm relay 3

箱が手前から奥、上下方向にあり、Three arm relay 1と2を組み合わせたタスクであり、それらをマスターすれば基本的には高得点が可能である。ただし、アーム3の鉗子と左奥の箱のブロックの枝の角度で、適切な位置と角度で持てないことが多い。その時は適当な位置でブロックを取り出し、近くの床や台の上において（減点にはならない）適切な位置と角度で持ち替えるようにする。

4th Arm Cutting

アーム1, 4の鉗子でゴム管のようなものの指定された部分を把持して、少し引き延ばしてテンションをかけると切断する部位が指定されるので、スワップペダルを踏んでアーム3の鉗子で切断する。切断したものはスワップペダルを踏んで把持していた鉗子を使って、中央の皿に入れる。

Needle Drivingシリーズ

針の適切な位置を持針器でもって一気に刺入と刺出を行うことも可能だが、運針の角度や径の大きさがうまくいかなかった場合の修正がしにくい。無理に運針するとスポンジや組織に過度の力がかかり、減点となり得る。また、運針が不十分で針の先が刺出できず、スポンジや組織に迷入してしまい、針のコントロールを失ってしまう場合もある。そこで、刺入と刺出を分けて行ってみたところ、上記の問題の解決法となりうること、更に、左右の持針器を有効に使えることが分った。それぞれのタスクにおいて、針の大きさと刺入点と刺出点の間隔により針を持つ位置を変える必要がある。例えば、まず左手の持針器で刺入角度を合わせて刺入点に入れ、次に右手の持針器で刺出点までに必要な針の位置をもって角度を合わせて運針するように、両手の持針器を臨機応変に使用し、刺入と刺出を分けて針を適切な位置に持つと、高得点を安定して出せるようになる。

Running suture

Big Dipper Needle Drivingでは、水平の台の上に置かれたスポンジの前面に対して横方向と縦方向の運針がある。刺入の角度は45～90度で行う。横方向の運針は名前のおり大きく深くする。刺出時は針の端を持って大きい径で運針する必要がある、刺出がうまくいかないと針がスポンジに迷入してしまうリスクが高い。逆に縦方向の運針は針に対して小さいので、刺出時は針の1/2～2/3のところを持って他のタスクより小さい径で運針する必要がある。

Anterior Needle Driving Horizontal

天井にあり少し前面に向いた平面の組織に対して横向きに運針するタスクである。刺入点と刺出点の距離は同じで、刺入の角度は45～90度で行う。刺出時は針の2/3のところを持って標準的な運針する。

Anterior Needle Driving Verticalは、天井 (Anterior) にあり少し前面に向いた平面の組織に対して縦向きに運針するタスクである。刺入点と刺出点の距離は同じで、刺入の角度は45～90度程度で行う。刺出時は針の2/3のところを持って標準的な運針をする。

ATW Needle Driving ATWとはaround the worldの略で、つまり“世界を駆け巡る”ように全方向運針を行うタスクであり、そのために刺入点と刺出点が円状に配置されており、外側の刺入点から内側の刺入点へ運針する。ATW Needle Drivingは他のタスクに比べて時間がかかると点数が伸びないため、運針速度についても考慮する必要がある。刺入の角度は45～90度で行う。また、刺入点と刺出点の距離が縦横と斜めでは異なり、縦横は針の2/3のところを持って運針するが、斜めは針に比べて距離が長いので、針の端を持って運針する必要がある、刺出がうまくいかないと針がスポンジに迷入してしまうリスクが高い。

Anterior Needle Driving ATW

天井 (Anterior) にあり少し前面に向いた平面の組織に対してATW (全方向) に運針行うタスクであり、ATW Needle Drivingと同様に刺入点と刺出点が円状に配置されている。ただし、運針は内側から外側へ行う必要がある。刺入点と刺出点の距離は一定で、刺入の角度は45～90度程度で行い、針の大きさは十分であるので、刺出時は針の2/3のところを持って標準的な運針する。

Posterior Needle Driving ATWは、Posterior (後面)

とはいえ水平面で通常のビューである。その他のタスクの設定は、Anterior Needle Driving ATWと同様である。異なるのは、刺入の角度を大きくしない（ほぼ90度）と刺入したと認識されないこと、また、針が刺入点と刺出点の距離に対して小さいため、針の端を持って大きい径で運針する必要がある、刺出がうまくいかないと針が組織に迷入してしまうリスクがあることである。

Railroad Track

水平面の指定された刺入点と刺出点の縫合をしていくのだが、針が距離に対してかなり大きいので、1/4のところを持って運針する必要がある。また、針が角針であるため、持針器を使って針を持ち替える時に角が当たるためか、かなりギクシャクした動きになるので、強く針を把持しない（甘噛み）で持ち替える時間をできるだけ短くする必要がある。

Needle Pose Match

空間に指定された針の位置に、指定された持針器で針を把持して、数秒間重ね合わせるタスクである。針の回転や角度を片手で変えることもできるが、無理な時は持ち替える必要がある、前述と同様に、強く針を把持しない（甘噛み）で両手の持針器で持った際に針に強い力がかからないように、また、針は甘噛みで持ち替える時間をできるだけ短くする必要がある。

Knot tying

3回結紮が必要で、はじめは外科結紮である。外科結紮の1回転目は大きく、鉗子の首のあたりに巻き付けないと、2回転目の時に糸が鉗子から外れてしまうことがある。結紮時に対側の糸を持ちに行く時は、両手を同時に動かしてなるべく端を持つ。片手だけを動かして、結紮点に無理な力がかかると外れてゲームオーバーになる、端を持たないと、糸を間に通す時にうまく抜けずその部分がループ状になるので、持ち直してループを解除して結紮する。その場合2点減点される。裏技ではあるが、指定された糸と左右反対に結紮を行うことも出来る。この場合でも点数は出る。

Ring Roller coasterシリーズ

様々な形状をしたボールに通された黒いリングをスタート地点からゴールまでボールに当たらないように持っていくタスクである。ボールとリングが接触すると黒色だったリングが黄色に変わり注意される。こ

こで焦らず、ボールと垂直になるようにするにリングを把持するようにして位置を調整して、黒に戻してからリングを進める。リングが黄色く、接触した状態のまま進めると、リングに強い力がかかってしまう。やがて赤色に変わり落下してしまうと減点が多い。また、リングが黒であっても進みにくい場合は、鉗子がボールと接触している可能性がある。時に画面の隠れているボールに鉗子があっていることもある。よくわからない場合は別の鉗子に持ち替えることも選択肢である。そのため、片手だけでもできる場合でも他方の鉗子が使用できる位置に追従させていくことが重要である。リングを持つ鉗子は強すぎる必要はなく、甘噛みを意識すること、持ち替える時は両方の鉗子で無理な力をかけ過ぎないように、できるだけ素早く行うことが重要である。これは、Needle Drivingシリーズ、Needle Pose Matchシリーズにおいて持針器で針を持ち替える場合と同様である。

Ring Roller coaster 1

左側のスタート地点から右側のゴールへ向かうボールは上下方向のみで手首の回転を使って片手だけでもできそうだが、前述のように、他方の鉗子を追従させておき、適宜持ち替えられるようにする。

Ring Roller coaster 2

Ring Roller coaster 1に前後方向の移動が加わる。ここまで複雑になると、持つ鉗子を変えることが必須となる。更に、移動距離がながくなるので、カメラペダルを用いたカメラワークとクラッチを利かせた両手の位置調整が必須である。

Ring Roller coaster 3

更に大きな半径の円弧の移動が加わる。

Ring Roller coaster 4

前後のらせん状の移動が加わり、頻回に持ち替えを行うが必要になる。

Ring Roller coaster 5

Ring Roller coaster 1~4とは異なり、スタート地点が手前でゴールが奥になる。カメラワークは少し斜めからみるようにする。

Dissectionシリーズ

Puzzle Piece Dissection

大きなボールの上に桜のような形が描いてあり、その形（黒い線）に沿ってボールの表面を左手の把持鉗

子と右手の鉗鉗子で切開していく。ただし、電気メスでは切開できない。鉗子は持ち替えができないので左手の把持鉗子で緊張をかけながら、右手の鉗鉗子の向きを形に添って変えて切開していく必要がある。また、ボールの表面（皮膚）を切開して形をはがしていくとその裏面に透明な黄色いゼリー状のもの（皮下脂肪）があり、皮膚から皮下脂肪を鈍的にはがしていく。その操作を繰り返して、桜の形に切り取れば終了である。

Vessel Energy Dissection

Puzzle Piece Dissectionと同様の黄色いゼリー状のもの（皮下脂肪）の中に血管が埋まっている。透明なので血管は透見できる。左手の把持鉗子で血管の近傍の皮下組織を把持して、右手の鉗鉗子を用いて血管を剥離していく。鉗子の持ち替えはできないので、血管近くの皮下脂肪を左手での把持鉗子で持って右手の鉗鉗子で鈍的に血管の右側の皮下脂肪を剥離して血管を露出する。更に、血管の左側の皮下脂肪を左手の把持鉗子で持って右手の鉗鉗子で血管を露出する。ここまでの剥離には電気メスは使用できない。血管が十分に露出されたら血管に青くなる線が現れるので、それを電気凝固で焼灼する。そしてその間に緑色の線が現れ、

そこを鉗鉗子で切開すると終了である。

See Spikeシリーズ

See Spike 1

やわらかいグミのような突起（コーン）にリングをはめていくタスクである。コーンと同色のリングをはめていく必要があり、はめる際にリングや鉗子がコーンに当たると減点される。左右の把持鉗子2本で入れていく必要があり、手前に落ちているリングを両手で拾って、両手でコーンにはめていくスピードが求められる。コーンの左右ともつリングの左右を一致させた方が良いと思われる。例えば、入れたい赤と青のコーンが左右の位置関係にある時は、手前にある赤のリングを左手で青のリングを右手でもって、コーンにはめると良い。

See Spike 2

すべてのコーンに間違えたリングがはめられており、リングを取ると本来の色が判明する。その色のコーンのリングを取って、正しいリングをはめ直す。両手を用いて、上記を繰り返す。

（受付日：2025年10月17日、掲載決定日：2025年12月9日）