



Title	腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術に対する遠隔シミュレーショントレーニングの有用性に関する検討
Author(s)	桐山, 琴衣
Description	配架番号 : 2825
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第15891号
Issue Date	2024-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k15891
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/92047
Type	doctoral thesis
File Information	KIRIYAMA_Kotoe.pdf



学 位 論 文

腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術に対する
遠隔シミュレーショントレーニングの
有用性に関する検討

(A study of usefulness of the telesimulation training curriculum for
laparoscopic inguinal hernia repair)

2024 年 3 月

北 海 道 大 学

桐 山 琴 衣

学 位 論 文

腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術に対する
遠隔シミュレーショントレーニングの
有用性に関する検討

(A study of usefulness of the telesimulation training curriculum for
laparoscopic inguinal hernia repair)

2024 年 3 月

北 海 道 大 学

桐 山 琴 衣

目 次

発表論文目録および学会発表目録	1 頁
要旨	3 頁
略語表	6 頁
諸言	7 頁
I. TAPP 遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムの実行可能性の検討	
方法	11 頁
結果	18 頁
II. TAPP 遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムの有用性の検討	
方法	24 頁
結果	27 頁
考察	32 頁
総括および結論	36 頁
謝辞	38 頁
利益相反	39 頁
引用文献	40 頁

発表論文目録および学会発表目録

本研究の一部は以下の論文に発表した。

1. Kotoe Kiriya, Saseem Poudel, Yo Kurashima, Yusuke Watanabe, Yoshihiro Murakami, Kyosuke Miyazaki, Yo Kwarada, Satoshi Hirano
Development of a systematic telesimulation curriculum for laparoscopic inguinal hernia repair
Global Surgical Education - Journal of the Association for Surgical Education
<https://doi.org/10.1007/s44186-022-00059-4>, 2022

本研究の一部は以下の学会に発表した。

1. Kotoe Kiriya, Yo Kurashima, Yusuke Watanabe, Saseem Poudel, Kenichi Mizunuma, Tomoko Mizota, Yuma Ebihara, Soichi Murakami, Toshiaki Shichinohe, Satoshi Hirano
Development of a telesimulation curriculum for laparoscopic inguinal hernia repair: a feasibility study
Association for Surgical Education Annual Meeting 2021, April 29-May 1, 2021
2. 桐山琴衣, 倉島 庸, サシム・パウデル, 渡邊祐介, 海老原裕磨, 村上壮一, 七戸俊明, 平野 聡
コロナ禍における腹腔鏡下手術遠隔シミュレーショントレーニングシステムの開発
第33回日本内視鏡外科学会総会, 2021年3月10日・横浜
3. 桐山琴衣, 倉島 庸, 石堂敬太, 東嶋宏泰, サシム・パウデル, 渡邊祐介, 海老原裕磨, 村上壮一, 七戸俊明, 平野 聡
TAPP 遠隔シミュレーショントレーニングによる若手外科教育
第14回日本ヘルニア学会北海道支部総会、通称「ヘルニアを学ぶ会」, 2021年11月27日・紋別
4. 桐山琴衣, 倉島 庸, サシム・パウデル, 渡邊祐介, 海老原裕磨, 村上壮一, 七戸俊明, 平野 聡
腹腔鏡下鼠径ヘルニア手術における遠隔シミュレーショントレーニングシステムの教育的有用性の検討
第35回日本内視鏡外科学会総会, 2022年12月9日・名古屋

5. 桐山琴衣, 倉島 庸, サシーム・パウデル, 渡邊祐介, 海老原裕磨, 村上壮一, 七戸俊明, 平野 聡
腹腔鏡下鼠径ヘルニア手術遠隔シミュレーショントレーニングシステムの開発
第 19 回日本ヘルニア学会学術集会, 2021 年 5 月 21-22 日・東京都
6. 桐山琴衣, 倉島 庸, サシーム・パウデル, 渡邊祐介, 海老原裕磨, 村上壮一, 七戸俊明, 平野 聡
腹腔鏡下鼠径ヘルニア手術遠隔シミュレーショントレーニングシステムの有用性の検討
第 20 回日本ヘルニア学会学術集会, 2022 年 6 月 3 日・横浜
7. 桐山琴衣, 倉島 庸, サシーム・パウデル, 渡邊祐介, 海老原裕磨, 村上壮一, 七戸俊明, 平野 聡
若手外科医のための遠隔シミュレーショントレーニング開発～無作為化比較試験による有用性の検討～
第 78 回日本消化器外科学会総会, 2023 年 7 月 12 日・函館

要 旨

【背景と目的】

安全な手術を患者に提供するために外科教育は重要であり、その中でシミュレーショントレーニングは必要不可欠なツールである。近年では、インターネット環境の発達、また COVID-19 パンデミックの影響を受け、外科教育分野でもオンラインツールが活用されるようになり、指導者と学習者が異なる場所にしながらシミュレーショントレーニングを行う遠隔トレーニングの報告が増加してきた。従来のシミュレーショントレーニングでは、トレーニング施設に人と日時を調整して集合する必要があるが、遠隔シミュレーショントレーニングでは、指導者と学習者にオンライン環境があればどこでもトレーニングを行うことができる。一般外科領域の遠隔シミュレーショントレーニングでは、結紮・縫合などの基本的な外科手技の報告は多数見られるが、術式に準じた手術工程全体をトレーニングする遠隔シミュレーショントレーニングの報告はない。腹腔鏡下手術は、多数の行程で構成され、必要とされる手技も多いため難易度は高いが、双方向かつリアルタイムの指導を行うことで遠隔環境においても有効なトレーニングの提供が可能であると仮定した。

本研究では外科修練医が最も執刀する機会の多い鼠径ヘルニアに対する腹腔鏡下手術の遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムを開発し（研究Ⅰ）、外科教育ツールとしての有用性を多施設共同無作為化比較試験にて検討した（研究Ⅱ）。

【対象と方法】

腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術の標準術式である腹腔内到達法 Transabdominal preperitoneal repair（以下 TAPP）を本研究の対象術式とした。本術式における知識と手技を包括的に学習可能な遠隔シミュレーショントレーニングのカリキュラムを開発し、その実行可能性を検証（研究Ⅰ）後、教育効果を TAPP 初心者の外科医を対象とした無作為化比較試験にて検証した（研究Ⅱ）。

〔研究Ⅰ〕

鼠径ヘルニアの知識に関する教材は、医学書や国際ガイドラインを元に原案を作成し、本邦のヘルニアの専門医と外科教育の専門家の意見を取り入れて完成させた。知識評価のために、難易度を同等にした 15 点満点のテスト問題を 2 セット作成し、その妥当性を TAPP 執刀経験数が異なる外科医を 3 群に分けて確認した。作成した教材を用いて双方向性のオンラインシステムツールである Zoom™ で講義を行い、その教育効果を上述の知識評価テストで検証した。手術手技のトレーニングシステム開発では当研究室で過去に開発した TAPP シミュレーターを使用し、医学生と研修医を対象に遠隔シミュレーショントレーニングの実行可能性を検討した。トレーニングは、

学習者のスマートフォンと指導者のノート型パソコンを Zoom™ で繋ぎ、遠隔にいる指導者と参加者が TAPP のシミュレーターを使用してお互いの手技を確認し合い、リアルタイムにフィードバックを受けられる環境で実施した。教育効果は既存の技能評価スケールである TAPP チェックリスト、Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills–Groin Hernia (以下 GOALS-GH) を用いて、各トレーニング後に学習者の手技を評価した。

〔研究Ⅱ〕

研究参加に同意した日本国内の卒後 2-5 年目の外科医で、TAPP の執刀経験数が 1 例以下の者を対象として無作為化比較試験を行った。参加者をランダムにコントロール群と介入群の 2 群に割り付け、介入群は Zoom™ で遠隔講義を受けた後、週 1 回を 3 週間、計 3 回の遠隔シミュレーショントレーニングを行った。コントロール群は介入群と同じ講義教材とシミュレーターが配布され、介入群のトレーニング期間と同じ 3 週間の自主練習を行った。介入群においても週 1 回の遠隔シミュレーショントレーニング以外に自主練習を行うことを奨励した。3 週間のトレーニング前後で知識の評価テストとシミュレーターを用いた TAPP 手技の評価テストを実施した。TAPP チェックリストで 16 点以上を獲得することを到達目標とし、到達できた割合を両群で比較検討した。また、それぞれの評価ツールでの技能向上、テストを用いた知識の向上、学習者へのアンケートによる TAPP に対する自信度の向上について検討した。

【結果】

〔研究Ⅰ〕

TAPP 執刀経験数の異なる 3 群に 2 セットの知識テストを実施したところ、執刀経験数が多いほど有意に高得点であった ($p=0.004$, $p=0.001$)。また、各群において 2 つのテスト点数は同等で、内部一貫性はそれぞれのテストで 0.79、0.82 と良好な結果であった。遠隔シミュレーショントレーニングのセッティングにおいて、トレーニングを中断するような通信障害はなく、医学生、研修医に行った 1 回のトレーニングでも技能向上を認め、実行可能性が示された。

〔研究Ⅱ〕

全国 16 施設から 43 名の外科医が本研究に参加し、介入群に 22 名、コントロール群に 21 名がランダムに振り分けられた。コントロール群の 2 名は、個人的理由で研究から脱落し、介入群 22 名およびコントロール群 19 名に対して最終的な解析を行った。トレーニング後に TAPP チェックリストの評価スコアが 16 点以上に達した割合は介入群で 15 名 (68%)、コントロール群で 4 名 (21%) であり、介入群で有意に高い結果となった ($p=0.0025$)。トレーニング後の TAPP チェックリストおよび GOALS-GH は、両者とも介入群のスコアが有意に高かった ($p<0.001$)。いずれの群も両評価スケールともトレーニング前よりトレーニング後で有意にスコアが上昇した

($p<0.001$)。知識に関しては、トレーニング前に両群間に有意差を認めず ($p=0.45$)、両群ともトレーニング後に有意な改善を認めた (介入群 ; $p<0.01$ 、コントロール群 ; $p=0.02$)。両群のトレーニング後の得点に有意差はなかった ($p=0.43$)。TAPP 手技の様々な手技や解剖認識に対する自信度は両群でトレーニング後に有意に向上した (介入群 ; $p<0.001$ 、コントロール群 ; $p<0.001$)。特に腹膜前腔の剥離とメッシュの展開において介入群では有意に自信度が向上した ($p=0.014$ 、 $p=0.010$)。

【考察】

シミュレーターと教材の提供によりコントロール群、介入群いずれにおいてもトレーニング後にシミュレーション環境下における TAPP 技能が向上した。特に、指導者からのフィードバックがあった介入群はコントロール群と比較して有意にスコアが向上した。フィードバックの提供により、TAPP のような多くの行程と手技を要する術式に対しても遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムは有用な教育システムになりうると考えられた。知識に関しては両群の知識向上に有意差はなかった。本研究では講義の回数や時間を限定して行ったことで、学習が受動的になった可能性が考えられた。また、エキスパートにおいてもテスト点数が低かったことから、テスト内容の難易度について再検討の必要があると考えられた。トレーニング後に有意に技能向上を認めたが、仮説よりも目標に到達した割合が低かったことを考慮すると、本研究で開発した遠隔シミュレーショントレーニングを外科教育カリキュラムとして導入するためには、コンピテンシーベースとしながら、現実的に参加可能なトレーニングの回数・時間の検討、個々の能力に応じたトレーニングカリキュラムの開発が必要と考えられた。

【結論】

多くの行程と手技を含む腹腔鏡下手術に対する遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムは若手外科医の技術向上に有用であることが示唆された。

略 語 表

本文中ならびに図表の中で使用した略語は以下の通りである。

CG	Control Group
GOALS-GH	Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills–Groin Hernia
FLS	Fundamental of Laparoscopic Surgery
IG	Intervention Group
IQR	Interquartile range
TAPP	Transabdominal preperitoneal repair

緒 言

欧米では医学教育の歴史が長く、エビデンスに基づき教育学・心理学などの原理を組み込んだ教育が導入されてきた。外科領域においてはかつて“See one, do one, teach one”といった指導医の手技を見て倣い、実際に自分で手技を行い、後輩に教えるという教育モデルが標準であった。しかし 1990 年以降の腹腔鏡手術の普及に伴う医療事故の増加を背景に医療の安全性や倫理に対する社会の認識が高まり、シミュレーショントレーニングや客観的評価、フィードバックなどを主体とした、より科学的で安全性と効率性を重視した指導方法が発展してきた (Akhtar et al, 2014; Varban et al, 2013)。

シミュレーショントレーニングは患者へのリスクがなく、繰り返し練習することができ、外科技能向上に有用とされ、現在では外科手技トレーニングにおいて必要不可欠なツールである。特に、腹腔鏡下手術は技術習得が比較的難しく、手術を安全に行うためには事前に十分なトレーニングを積む必要があることから、シミュレーショントレーニングが活用されてきた (Scott et al, 2000; Dawe et al, 2014)。腹腔鏡下手術領域ではシミュレーショントレーニングにより実臨床における手術手技技能が向上することが報告されており (Scott et al, 2000; Kurashima et al, 2014)、さらに患者の術後成績を改善したという報告もある (Zendejas et al, 2011)。シミュレーショントレーニングの有効性が認知されている北米では、米国消化器内視鏡外科学会 : Society of American Gastrological and Endoscopic Surgeons が開発した腹腔鏡下手術基本手技トレーニングプログラムである Fundamental of Laparoscopic Surgery (以下 FLS) の試験に合格することが外科専門医試験受験の必須条件となっている (Peters et al, 2004; Ritter and Scott, 2007; Sroka et al, 2010)。

外科領域では術野を模したトレーニングボックス、臓器を模したシミュレーターを用いて行うベンチモデル、動物やご遺体を用いたトレーニングやバーチャルリアリティでのトレーニング、人形や擬似患者によるシナリオトレーニングなど数多くのシミュレーショントレーニングが開発され、その効果が検証されてきた (Seymour, 2008; Stefanidis et al, 2013; Korndorffer et al, 2005; Lu et al, 2021)。従来のシミュレーショントレーニングは、シミュレーションセンターなどのトレーニング環境が整えられた施設に学習者と指導者が集いトレーニングが行われてきたが、近年ではインターネット環境の発達とともに昨今の COVID-19 パンデミックの影響もあり、学習者と指導者が異なる場所で医学・医療トレーニングを行う遠隔シミュレーショントレーニングの報告が増加している (McCoy et al, 2017; Roach and Okrainec, 2021; Chick et al, 2020; Diaz and Walsh, 2021)。遠隔シミュレーショントレーニングは時間や場所の制限を受けることなく、会場設営スタッフの人材確保なども不要であり、それに伴う人材費や

移動費などのコストを抑えられるといった利点がある (McCoy et al, 2017)。

外科領域における遠隔シミュレーショントレーニングの報告は、北米の外科指導者がアフリカの外科医に FLS の手技を指導した 2010 年の Okrainec らの研究

(Okrainec et al, 2010) を発端として散見されるようになった (Mizota et al, 2018; Bilgic et al, 2022)。Okrainec らは、リアルタイムにコミュニケーションを取りながら行う遠隔シミュレーショントレーニングは自主的トレーニングに比較し有効であったと報告している (Okrainec et al, 2010)。修練医と指導者それぞれが参加可能な時間と場所からインターネットを介して実行できる遠隔シミュレーショントレーニングは、従来のような時間や場所の制限がなく、外科領域の知識や手技を効率よく習得する環境を提供できる可能性がある点で、現代社会のニーズに合っていると考えられる。さらに、COVID-19 パンデミックでソーシャル・ディスタンスを保つ必要のあった社会状況において、現場で教えることのできない外科トレーニングを補完するために重要な役割を果たし得ると考えられた。しかし、これまでの外科領域における遠隔シミュレーショントレーニングの報告は、いずれも縫合・結紮などの外科基本手技に関するものであり、より高度な術式に順じた手術工程全体をトレーニングした報告はない。

本研究では、若手外科医の教育の一助となるような、術式に順じた腹腔鏡下手術に対する遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムを考案した。この遠隔手術シミュレーショントレーニングカリキュラムは、外科基本手技の指導に比較して長い工程、より高い技術が必要であり、これまでの縫合・結紮などの遠隔シミュレーショントレーニングよりも、僅かなタイムラグによる指導者と修練医間のコミュニケーションギャップや、器具の使い方や組織の扱い方などの繊細な動作を現場で直接指導できないことによる修練医の理解不足などの課題が予想される。しかし、日々の臨床業務により時間的制約のある若手外科医が効率的なトレーニングにより手術手技を磨くことは、安全な手術を行うために必須であり、そのためには限られた時間の中で場所にとらわれず、指導者から適切なフィードバックを受けてトレーニングを行える遠隔シミュレーショントレーニングのメリットは大きいと考えられる。縫合・結紮などの基本手技獲得後のさらなるスキルアップのためのトレーニングとして、より複雑な行程や技術を要する遠隔シミュレーショントレーニングのカリキュラムを作成し、その有用性や課題を明らかにすることは、外科修練医の育成に大きく貢献する可能性がある。

遠隔シミュレーショントレーニングのカリキュラム作成にあたり、本研究では、下記に示す理由から腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術、その中でも本邦における標準術式である Transabdominal preperitoneal repair (以下 TAPP) を対象術式とすることとした。鼠径ヘルニアとは、鼠径部の腹壁の筋組織の欠損部や脆弱となった部分から突出するヘルニア嚢と呼ばれる腹膜に腹腔内容物が脱出する状態である。鼠径ヘルニアは

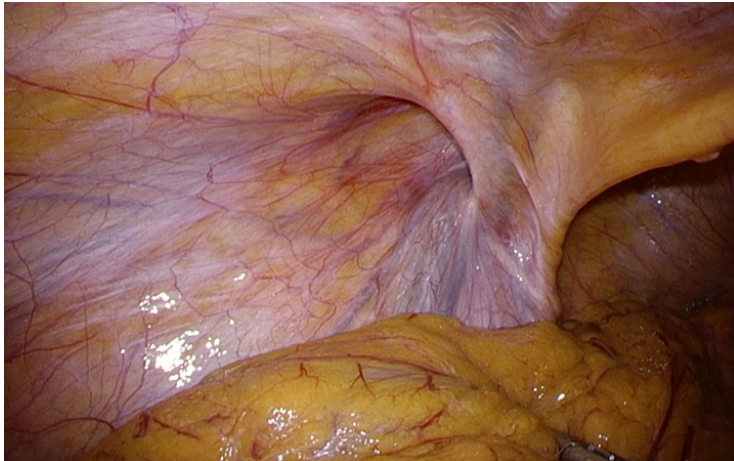
鼠径部腹壁の構造上の脆弱化が病態であるため自然治癒は望めず、治療は脱出したヘルニア嚢を還納し、腹壁の欠損部分へのメッシュと呼ばれる人工シートを留置する手術が標準である。

TAPP を本研究におけるトレーニングの対象術式とした理由に、本邦の若手外科医が修練早期に執刀する機会が多い手術であることが挙げられる。鼠径ヘルニア修復術は本邦では年間 11 万件以上、海外では年間 2 千万件以上の症例が外科的治療の対象となっており、一般外科医が最も多く執刀をする手術の一つである。また、鼠径ヘルニア修復術における腹腔鏡下手術の割合は年々増加しており、本邦において腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術は鼠径ヘルニア修復術全体の術式のうち 40% を占めるに至り、最も多く導入されている術式である。TAPP は、腹腔側から鼠径部の腹膜を切開し、ヘルニア嚢を還納または切除して、腹膜前腔の剥離後にメッシュの配置と固定を行い、腹膜を縫合閉鎖する手術である（図 1）。したがって TAPP の執刀には繊細な組織の把持、切開、剥離、腹膜の体内縫合など、腹腔鏡下手術で必要とされる手技のエッセンスが多く含まれ、腹腔鏡下手術の初心者が修練を始めるのに非常に適している術式である。

本研究においてトレーニングの対象とした腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術はシミュレーショントレーニングを行うことで実際の手術技能が向上するエビデンスが証明されており（Kurashima et al, 2014; Zendejas et al, 2011）、また教育効果を評価するための評価スケールも開発されている（Kurashima et al, 2011; Poudel et al, 2016）。上記のシミュレーターおよび技能評価スケールは、以前から我々の研究室が世界に先駆けて開発したものであり、本研究においても活用可能な教育ツールである。

これらの背景を踏まえ、本研究では TAPP の遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムを開発した。さらに、そのカリキュラムによる遠隔トレーニングの実行可能性を検証した後に、外科教育ツールとしての有用性を検討した。

(a)



(b)

(c)

(d)

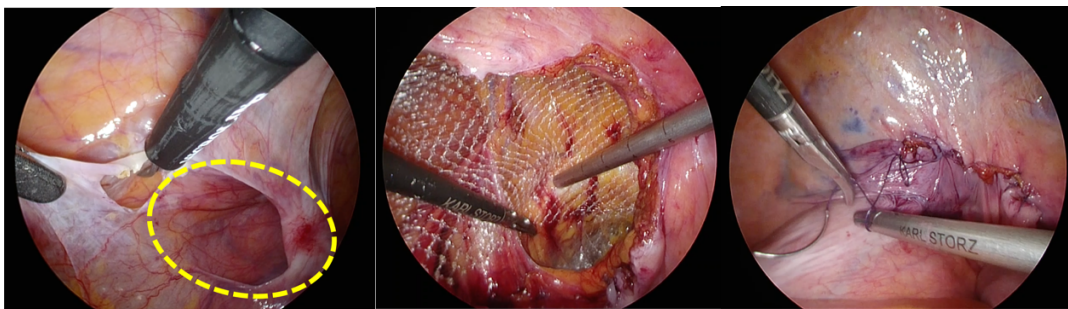


図1 TAPP の手術行程

- (a) 左鼠径ヘルニアの腹腔内所見である。写真中央の腹膜の窪みがヘルニア門であり、その先に体表側に突出するヘルニア囊がある。
- (b) ヘルニア囊の外側から腹膜の切開を開始し、ヘルニア囊をヘルニア門（黄色の点線の円）に沿って腹膜を切開してヘルニア囊を円形に切除する。
- (c) 腹膜前腔を十分剥離した後にメッシュを留置し、タッカーで腹壁へ固定する。
- (d) 切開した腹膜を縫合閉鎖する。

研究Ⅰ．腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術の遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムの実行可能性の検討

対 象

医学生と初期研修医、TAPP の執刀経験がない若手外科医、TAPP の執刀経験を持つ外科医を対象とした。

方 法

本研究では、最初に TAPP 遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムを開発し、セッティング、評価法を確立させ、通信障害などの影響なく高度な手技においても遠隔シミュレーショントレーニングを円滑に行うことが出来るのか、トレーニングによって修練医の手技向上が見込めるのか、開発したカリキュラムの実行可能性を検討した。

TAPP は知識と技術を要する術式であり、実臨床の現場で外科医に必要とされる鼠径ヘルニアに関する知識と手術手技向上のためのスキルトレーニングを包括的に含んだカリキュラムを開発した。カリキュラムは、知識に関する資料を用いて双方向性のオンラインシステムツールである Zoom™ (Zoom Vide Communications) で教育的なオンライン講義を行うセッションと、スキルトレーニングのために TAPP のシミュレーターを用いて Zoom™ を介して行う遠隔シミュレーショントレーニングで構成した。

[オンライン講義教材および知識テスト作成]

オンライン講義で用いる教材はヘルニアに関する医学書、国際鼠径ヘルニアガイドラインをもとに疫学、解剖、外科的治療法、腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術などの内容を包括的に含み、修練医が獲得すべき知識の到達目標を設定し、鼠径ヘルニア修復術のエキスパートと本邦の外科教育専門家との討議を経て TAPP の手本となる動画を含めたスライド教材を作成した。

オンライン講義による知識の向上を評価するために鼠径ヘルニア、TAPP 術式に関するテストを作成した。鼠径ヘルニアの疫学、解剖、治療法、手術の合併症など知識の到達目標に沿った包括的な質問で構成される 2 セットのテストを作成し、オンライン講義の前後評価にそれぞれ使用することとした。テスト内容の妥当性を確認するため、ヘルニア修復術の執刀経験数が異なる 3 群；全くヘルニア修復術を経験したことのない研修医や若手外科医の群、ヘルニア修復術の経験はあるが 110 例未満の若手外科医の群、110 例以上のヘルニア修復術の豊富な経験を持つ外科医の群に分け、2 セットのテストを実施し、執刀経験数によるテスト結果の差と、同じ群が受けた 2 つのテスト結果の差、さらにテストの internal consistency を評価した。両テストはそれぞ

れテスト A、テスト B として解析を行った。

上述した新規の教材を Zoom™ で共有しながら、修練医に 1 時間の講義を行い、オンライン講義が知識の獲得に有用かを検討した。講義を行う講師は、講義方法に差が生じないように研究者一人に特定した。修練医はオンライン講義の前と講義受講から数週間後の 2 回、評価テストに回答して知識が向上し得るか評価した。また、講義の受講者に教材の内容と講義に関するアンケートをオンラインアンケートツールである Survey Monkey® を用いて集計した。

[遠隔シミュレーショントレーニングシステム開発]

腹腔鏡下手術手技トレーニングに用いる鉗子、ハサミ、持針器、既存の TAPP モデルのシミュレーターと Zoom™ を用いて、指導者と修練医がリアルタイムにコミュニケーションを取りながらトレーニングを行える遠隔シミュレーショントレーニングシステムを考案した (図 2)。TAPP モデルのシミュレーターは、トレーニングによってシミュレーター環境下のみでなく実臨床の手術技能も向上することが示されているものを使用した (Kurashima et al. ; 2014)。TAPP モデルのシミュレーターは可動式ヘルニア固定台、ヘルニアベース、鼠径ヘルニア張替膜モデル (FasoLab) から構成される (図 3)。TAPP モデルのシミュレーター、持ち運び式腹腔鏡トレーニングポートである LapaSta®、カメラ固定台の Palm camera stand® と雲台、スマートフォンホルダー、家庭用のビデオカメラを固定した器具をアクリル板上の印に沿って載せ、家庭用ビデオカメラとモニターを接続することで、修練医はビデオカメラで映し出す TAPP のシミュレーターをモニターで確認しながら模擬手術を行うとすることができる。また、手技の評価のために手術映像をビデオカメラの SD メモリーカードに録画した。トレーニング中、修練医は自身のスマートフォンをスマートフォンホルダーに固定して TAPP の手技を映し、スマートフォンを Zoom™ に接続することでトレーニング中の手技を離れた場所にいる指導者がノート型パソコンで確認できる設定とした (図 2)。

修練医が郵送されたシミュレーターを自らセッティングできるように、シミュレーターのセッティング方法のビデオを作成し、Zoom™ を介してシミュレーターのセッティングに問題が生じてないかを確認した (図 4)。

(a)



(b)



図2 TAPP 遠隔シミュレーショントレーニングシステム

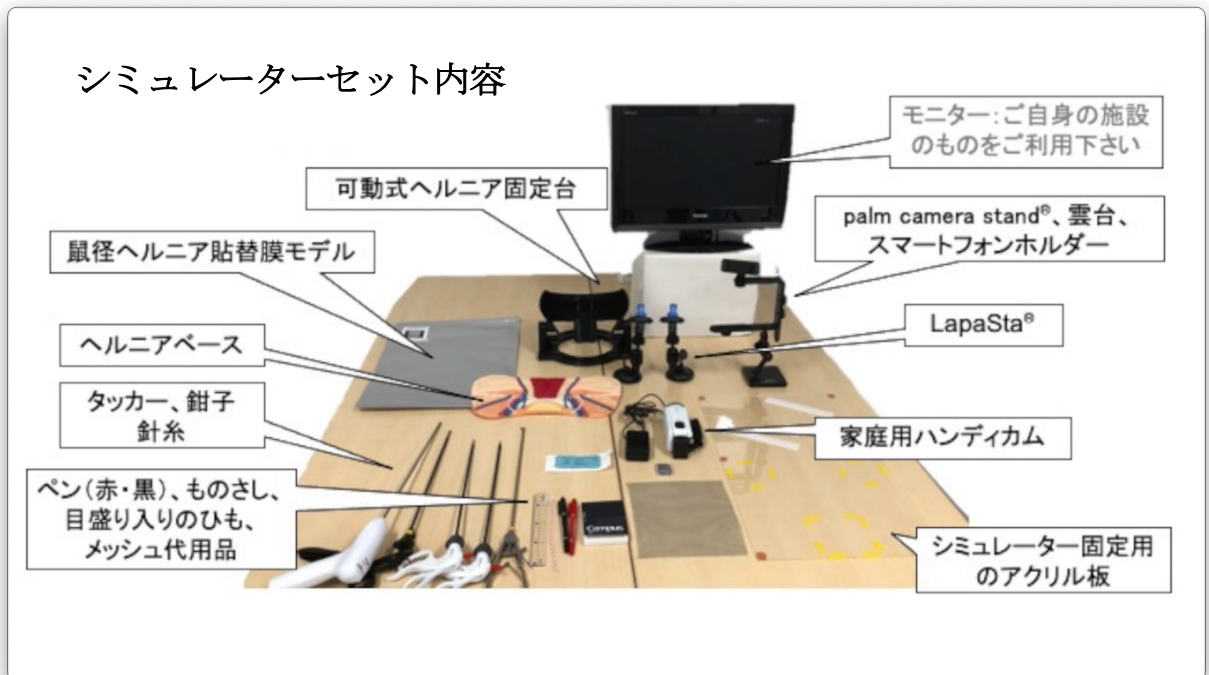
修練医のスマートフォンと指導者のノート型パソコンを双方向性のオンライン動画システムのZoom™で繋ぎ、修練医はシミュレーショントレーニング中の動画を指導者と共有しながらリアルタイムにフィードバックを受けつつトレーニングを行える (a)。修練医はモニターを見ながらTAPPの手技を行うが、指導者からフィードバックがある時はスマートフォンに映される指導者側の動画を確認できる (b)。



図3 TAPP シミュレーターモデル

可動式ヘルニア固定台にヘルニアベースを貼り付けたシミュレーターを用いた。このシミュレーターに鼠径ヘルニア張替膜モデル (FasoLab) を貼付してトレーニングを行なった。

(a)



(b)



図4 シミュレーターのセッティングビデオ

本研究で配布する機材一式と、シミュレーターの組み立て方を一通り確認できるビデオを作成し参加者に提供した。機材は名称などが分かりやすいスライドにし (a)、組み立て方のビデオは実際に組み立てている動画に組み立て方の字幕をつけて作成した (b)。

TAPP の執刀経験がない医学生、初期研修医を対象に TAPP 遠隔シミュレーショントレーニングの実行可能性を確認した。トラブルが起きた際にすぐ対応できるよう、同じ施設内の異なる部屋に参加者と指導者がいる状況でトレーニングを行った。シミ

ミュレーターのセッティングビデオは予め参加者のメール宛に送付し、トレーニング直前に Zoom™ でセッティングビデオを共有しながら、参加者がセッティングしている場面を指導者がリアルタイムに確認し、参加者自身でシミュレーターを組み立てられることを確認した。

〔TAPP 技能評価法〕

TAPP 遠隔シミュレーショントレーニングが手技向上を望める外科教育ツールとなり得るかを検討するため、既存の 2 種類の TAPP の評価スケールである TAPP チェックリスト (Poudel et al, 2016) と GOALS-GH (Kurashima et al, 2011) を用いて技能評価を行った。TAPP チェックリストは術者が細分化された TAPP の手術工程をどの程度達成できたか確認するためのリストである (図 5)。TAPP チェックリストのうちシミュレーターでは再現できないポート挿入、出血などの項目を除外し、20 点満点で評価した。GOALS-GH は、術者の TAPP の各局面における自立度を各項目 5 段階で評価するスケールであり、シミュレーターで再現できないポート挿入の項目を除外し、20 点満点で評価した (図 6)。指導法により参加者のトレーニングに差が生じないようにするため、指導者は研究者一人に特定してトレーニングを行った。外科手技に関して初心者である医学生、初期研修医がどの程度 TAPP の手技を理解し試行できるかを評価するため、はじめに指導者の助言なく独力でどの程度 TAPP が行えるかを確認するためにシミュレーター環境下で TAPP を施行してもらい、学習者が手技の続行が困難になったと指導者が判断した時点で指導を行いながら TAPP の手術工程全体を完遂させた。独力でできなかった項目の点数は TAPP チェックリストで 0 点、GOALS-GH で 1 点と採点した。トレーニング後には指導者から参加者に TAPP 手技のフィードバックを行った。初回シミュレーショントレーニング終了直後に、再度シミュレーター環境下で TAPP の手術を独力で施行してもらい、その手技を評価した。トレーニング中、またトレーニング後のシミュレーター環境下での TAPP 手技を SD メモリーカードに録画して、その動画を 2 つの評価ツールで評価し、1 回のトレーニングで技能向上を認めるかを検討した。

TAPP Checklist

術者・DVD 記号：

評価者：

(はい 1 点、いいえ 0 点)

項目	解説	
トロッカー挿入		
1 視野	安全な視野で挿入されている	
2 位置	適切な位置に挿入されている	
腹膜の切開		
3 切開開始点	内鼠径輪外側の適切な位置で腹膜切開を開始している	
腹膜前腔の剥離		
4 剥離開始	腹膜切開後、正しい層を出してから剥離を開始している	
5 剥離層の維持	適切な剥離の層を維持して剥離を進めている	
6 腹膜の牽引	剥離していく方向に合わせて腹膜を適切な角度で牽引している	
Parietalization (精管と精巣動静脈の腹壁化)		
7 安全な剥離	精巣動静脈、精管を認識し、損傷せずに腹膜から剥離している	
ヘルニア囊の還納		
8 還納	ヘルニア囊の還納が確実に行われている。外鼠径ヘルニアで末梢のヘルニア囊を残す場合、正確にヘルニア囊のくり抜きが行われている	
剥離範囲		
9 内側	恥骨結合、Cooper 靱帯、腹直筋背側まで十分に剥離している	
10 頭側	腹直筋背側、下腹壁動静脈、腹横筋まで十分に剥離している	
11 外側	上前腸骨棘まで十分に剥離している	
12 背側	精巣動静脈、精管と腹膜を十分に剥離している	
メッシュの展開		
13 サイズ	適切なサイズを選択している	
14 位置	メッシュを正しい位置に配置している	
15 進展	メッシュが十分に進展している	
16 固定	タッカーにより正しい位置で固定されている	
腹膜の縫合		
17 針の動き	縫合のバイトとピッチは適切である	
18 最終形	腹膜が裂けずに、糸の緩みなく、メッシュは露出していない	
手技全般		
19 エネルギーデバイス	余分な熱損傷を加えてない（使用していない場合は「はい」とする）	
20 出血	不用意な出血を来していない	
21 鉗子操作	両手の鉗子の協調させ、目的とする組織を的確に把持できている	
22 組織の扱い	組織を愛護的に操作している	
23 手術の進行	手術全体が円滑に進んでいる	
24 手術時間	手術時間は適切な範囲内である（90 分）	
		総合点

コメント：

図 5 TAPP チェックリスト (Poudel et al, 2016)

TAPP の手術工程を 24 項目に細分化し、施行できたかを確認するためのチェックリストである。今回のシミュレータートレーニングで再現できない 1、2、19、20 の項目は除外し、本研究の評価では 20 点満点で採点した。

GOALS-GH 和訳 (TAPP 版)

Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills - Groin Hernia

- ◇ **Trocar location and placement : トロッカーの位置と挿入**
 1. トロッカーの種類とサイズの知識に乏しい。どこへどのように安全にトロッカーを挿入するか明確に理解していない
 - 2.
 3. トロッカーの選択と挿入にある程度の知識を有する。適切なテクニックと良好な視野でトロッカー挿入を行っているが時に指導を必要とする
 - 4.
 5. トロッカーの選択と挿入に明確な知識を有する。適切かつ安全にトロッカー挿入を行える
- ◇ **Creation of peritoneal flap (TAPP) : 腹膜前腔の剥離 (腹膜フラップの形成)**
 1. どこからどのように腹膜を切開し腹膜前腔を剥離するか知識に乏しく、組織の取り扱いが粗雑である
 - 2.
 3. 適切に腹膜前腔の剥離を行えるが、どこから腹膜を切開しどのように十分な腹膜前腔剥離を行うかある程度の指導を必要とする。組織の取り扱いはおおむね愛護的である
 - 4.
 5. 適切かつ安全に腹膜前腔剥離を行い、メッシュを配置するための十分な腹膜前腔スペースの確保を行える
- ◇ **Hernia sac identification and reduction : ヘルニア嚢の同定と還納**
 1. ヘルニア嚢の同定、剥離、還納を安全にできない。どのように、どのレベルまで精索のパリエタリゼーションを行えばよいか理解していない
 - 2.
 3. ヘルニア嚢の剥離、還納、精索のパリエタリゼーションを適切安全に行えるが時に指導を必要とする
 - 4.
 5. ヘルニア嚢の同定、剥離、還納に熟練している。どのレベルまで精索のパリエタリゼーションを行えばよいか理解し適切に行える
- ◇ **Mesh placement and fixation : メッシュの配置と固定**
 1. メッシュの種類とサイズの知識に乏しい。十分な範囲を覆うためにメッシュを適切安全に配置し、固定することができない
 - 2.
 3. メッシュの種類とサイズに対する知識は有し、適切かつ安全にメッシュを配置・固定することができるが時に指導を必要とする。どこに配置・固定したら危険なのか理解している
 - 4.
 5. 適切安全にメッシュを配置・固定することに熟練しており、最終的なメッシュによる修復の出来上がりも優れている
- ◇ **Knowledge of anatomy and flow of procedure : 解剖の理解と手技の流れ**
 1. 解剖および手技の手順を十分に理解していない。常に危険な領域を避けるための指導を必要とし、指導医と執刀医が術中に一時交代することがある
 - 2.
 3. 解剖は理解しているが、手術手順についてときに指導を必要とする。
 - 4.
 5. 解剖および手技の手順を明確に理解している

合計点 _____ / 25 点満点

図 6 GOALS-GH (Kurashima et al, 2011)

TAPP 手術の自立度を 5 項目、5 段階で評価する評価スケールである。今回のシミュレータートレーニングで再現できないトロッカー挿入の項目を除外し、本研究の評価は 20 点満点で採点した。

統計学的手法

全てのデータは中央値と四分位範囲で示した。テスト A、テスト B の妥当性に関する評価は、TAPP 執刀経験数によるグループ間の差を Kruskal-Wallis test を用いて解析し、各グループ内のテスト A、テスト B の有意差を Wilcoxon signed-rank test で解析した。テスト A、テスト B それぞれの Internal consistency は Cronbach's alpha を用い

て評価した。テスト A、テスト B の妥当性が示された後、オンライン講義によって知識が向上するか Wilcoxon rank test を用いて統計学的解析を行った。p 値<0.05 を有意水準として解析した。全ての解析は、SPSS Statistics version 26 (IBM, New York, NY, USA) を用いて行った。

結 果

[鼠径ヘルニア知識習得の到達目標設定]

オンライン講義の教材作成にあたり、鼠径ヘルニア修復術のエキスパートおよび外科教育専門家を含む研究者で 15 個の到達目標を設定した (表 1)。到達目標には疫学、解剖、外科治療、合併症、トラブルシューティングといった TAPP の知識のみでなく臨床で必要でとされる鼠径ヘルニアの一般的な内容を含めた。さらに、TAPP のエキスパートからの動画提供と監修により TAPP 手術のポイントやトラブルシューティングの動画やスライド教材を作成した。

表1 鼠径ヘルニアに関する知識獲得の到達目標

	No.	到達目標
疫学	1	ヘルニアの罹患率が分かる。
	2	ヘルニアの原因、危険因子を説明できる。
	3	ヘルニアの症状、診断法が分かる。
解剖	4	腹腔鏡下ヘルニア修復術に必要な解剖を理解している。精管、精巣動静脈、下腹壁動静脈、恥骨、Cooper 靱帯、iliopubic tract、内側臍ヒダを指し示せる。
	5	外鼠径ヘルニアの脱出部位を示せる。
	6	内鼠径ヘルニアが脱出する部位を示すことができる。Hesselbach 三角の位置を示せる。
	7	閉鎖孔ヘルニア、大腿ヘルニアの脱出部位を示せる。
	8	MPO (Myopectineal orifice)の位置を示し、説明できる。
	9	腹腔鏡下ヘルニア修復術でタッキングを行ってはいけない部位を示せる。不運の三角、疼痛の三角、死冠を示せる。
治療法	10	治療法、手術・経過観察の適応を説明できる。
	11	初発鼠径ヘルニアの術式選択ができる。
	12	鼠径部切開法、腹腔鏡下手術の特徴を述べられる。
	13	再発鼠径ヘルニアの様式選択が出来る。
	14	メッシュの種類、適切な大きさが分かる。
合併症・トラブルシューティング	15	術中のトラブルシューティングが分かる。術後合併症に関して説明できる。

[知識評価パイロットテスト結果]

知識評価のために作成したテスト A、テスト B は到達目標に沿った 15 の質問からなる 15 点満点のテストとした。鼠径ヘルニア手術の経験値が異なる 3 群（鼠径ヘルニア修復術未経験の初心者：10 人、110 例未満の執刀経験のある若手外科医：9 人、110 例以上の執刀経験のある熟練者：8 人）、合計 27 人が両テストに回答した（表 2）。

表2 知識のテストA、テストBに回答した経験の異なる3群の背景

	初心者 (n=10)	経験者 (n=9)	熟練者 (n=8)	p 値
卒後年数	1 (1-2)	7 (6-7)	20.5 (16-31)	
鼠径ヘルニア修復術の執刀件数	0 (0-0)	50 (7-101)	760 (350-2025)	<0.001
腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術の執刀件数	0 (0-0)	40 (5-51)	560 (150-1225)	<0.001
鼠径部切開法の執刀件数	0 (0-0)	15 (2-50)	250 (100-800)	<0.001

中央値（四分位範囲）

3群のテストの点数は、テストA テストB いずれも有意差を認めた（テストA; $p=0.004$ 、テストB; $p=0.001$ ）。また、それぞれのグループにおいて、テストA とテストB のスコアは同等で、有意差はなかった（初心者; $p=0.325$ 、経験者; $p=0.671$ 、熟練者; $p=0.172$ ）（図7）。Internal consistency においては、テストA で0.79、テストB で0.82 であり、良好な結果であった。

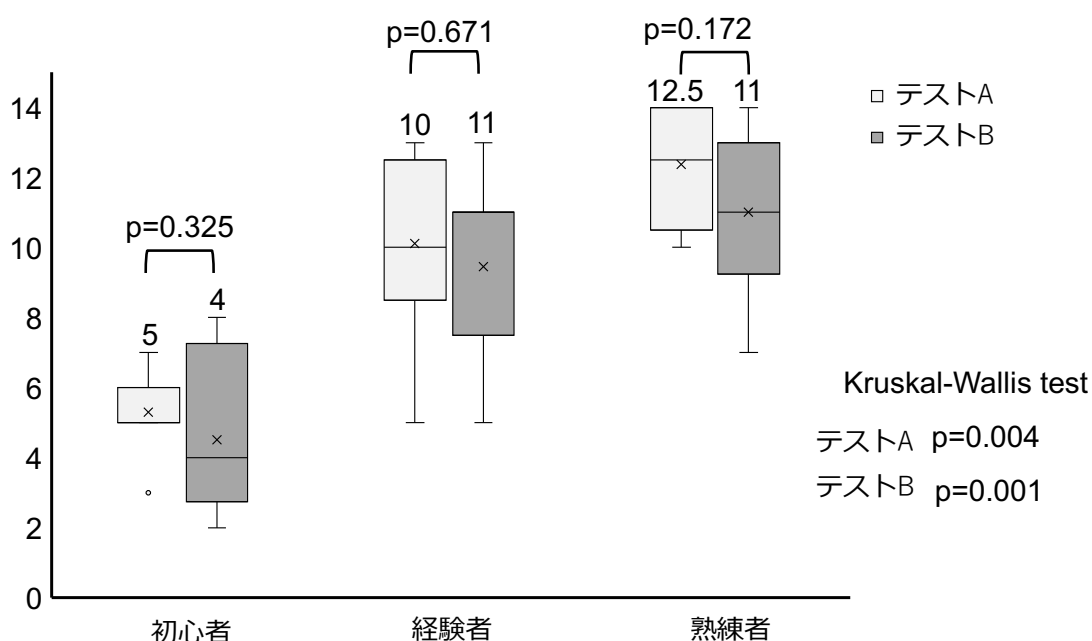


図7 テストA、テストBの信頼性、妥当性の検討

3群間でテストA、テストBの回答結果に有意差を認め、TAPPの経験数が多いほどスコアが上がる事が示された。それぞれの群におけるテストA、テストBの点数には有意差はなく、テストA、テストBが同等な質のテストと考えられた。

[オンライン講義の実行可能性と評価]

TAPP の執刀経験数が 1 例以下の若手外科医を参加 4 施設から 5 人募り、作成した教材を Zoom™ で共有しながら講義を行った。受講後のアンケートにて、受講者全員がオンライン講義は理解しやすかったと回答し、講義時間も適切であったと回答した（表 3）。また、教材が学習することに役立ったと肯定的な意見が見られ、全参加者からオンライン講義を遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムに組み込んだ方がよいという意見が得られた。

表3 オンライン講義受講後のアンケート結果

	強くそう 思う	そう思う	そう思わ ない	全くそう 思わない
教材は鼠径ヘルニアを学ぶために役に立った	4 (80%)	1 (20%)	0 (0%)	0 (0%)
教材の内容に満足している	3 (60%)	2 (40%)	0 (0%)	0 (0%)
今後の臨床に役に立つと思う	4 (80%)	1 (20%)	0 (0%)	0 (0%)

教材の情報量	少なすぎる	やや少ない	適切	やや多い	多すぎる
疫学	0 (0%)	0 (0%)	4 (80%)	1 (20%)	0 (0%)
解剖	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)	0 (0%)	0 (0%)
治療	0 (0%)	0 (0%)	5 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
合併症・トラブルシューティング	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)	0 (0%)	0 (0%)

講義の内容を理解できたと思う	強くそう思う	そう思う	そう思わない	全くそう 思わない
疫学	1 (20%)	4 (80%)	0 (0%)	0 (0%)
解剖	2 (40%)	3 (60%)	0 (0%)	0 (0%)
治療	1 (20%)	4 (80%)	0 (0%)	0 (0%)
合併症・トラブルシューティング	1 (20%)	4 (80%)	0 (0%)	0 (0%)

	強くそう 思う	そう思う	そう思わ ない	全くそう 思わない
講義全体に満足	3 (60%)	2 (40%)	0 (0%)	0 (0%)
講義内容に満足	2 (40%)	3 (60%)	0 (0%)	0 (0%)
カリキュラムに講義が含まれている方が良い	3 (60%)	2 (40%)	0 (0%)	0 (0%)

テストA、テストBを用いてオンライン講義前後でテストを行ったところ、受講者の知識テストのスコアは講義受講前が中央値8、受講後が11と改善を認めた。

[遠隔シミュレーショントレーニングの実行可能性の検討]

TAPPの執刀経験がない医学生と研修医の計3名を対象とした。Zoom™へのアクセス、コミュニケーションは問題なく行うことができ、配布したシミュレーターのセッティングも問題なく行うことができた。トレーニング全体を通して介入の必要がある通信トラブルはなかった。TAPPの経験が乏しい参加者が、手術を理解せずに危険

な手技を行ってしまう場面があり、フィードバックの際には参加者の手技を一度止め、助言を行う必要があった。フィードバックでは TAPP の初心者が言葉だけでは理解できていない場面があったが、視覚的なアドバイスをを行うことで参加者の理解を深めることができ、円滑にトレーニングを行うことができると考えられた。そのため指導者側にも学習者と同じシミュレーターを用意し、視覚的な助言も行えるセッティングとした（図 8）。

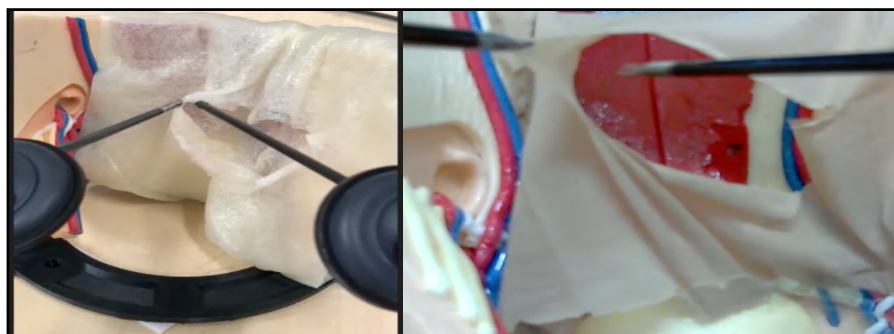


図 8 指導者のノートパソコン上のトレーニング中の Zoom™ 画面

右：修練医と同じ TAPP のシミュレーターを用いてフィードバックを行う指導者の映像

左：指導者からのフィードバックを受けながらトレーニングする修練医の映像

技能評価では、参加者 3 人ともトレーニングにより両評価スケールにおいて点数の上昇を認め、1 回のトレーニングでも手技の向上が見られた（表 4）。

表 4 参加者のトレーニング前後の TAPP 技能評価のスコア

		参加者 1		参加者 2		参加者 3	
トレーニング前後評価		前	後	前	後	前	後
GOALS-GH	評価者 1	8	15	4	7	5	14
	評価者 2	4	11	4	7	4	11
TAPP checklist	評価者 1	6	14	1	5	3	14
	評価者 2	4	11	1	4	2	12

研究Ⅱ．腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術の遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムの外科教育ツールとしての有用性の検討：無作為化比較試験

対 象

TAPP は手術行程において、剥離や牽引、縫合といった、腹腔鏡手術における基本的な手技を要するため、本研究の対象者は腹腔鏡手術の基本手技を習得していることを前提とした。日本国内の研究協力病院で TAPP の執刀経験数が 1 例以下の外科医を対象として無作為化比較試験を行い TAPP 遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムの有用性に関して検討した。腹腔鏡手術の基本手技を習得している目安として、アメリカ消化器内視鏡外科学会が開発した、腹腔鏡手術のための基本知識・手技プログラムである FLS の基準に則り、ドライボックス内での体腔内 3 回結紮を 112 秒以内に行えることを条件とした (Ritter and Scott, 2007)。日本国内の施設で修練中の外科医から研究参加募集を募り、対象者に対して、電子メールにて研究概要を送付し、必要であれば Zoom™ を通して説明を行った後に、書面で参加同意を得た。

方 法

[TAPP 遠隔シミュレーショントレーニング研究のセッティングおよび事前アンケート]

参加者全員に研究Ⅰで使用した TAPP シミュレータートレーニング機材一式を郵送し、シミュレーターセッティング方法のビデオを電子メールにて提供した。研究参加者はトレーニング開始前に卒後年数、手術執刀経験数などの背景に関するアンケートと、TAPP の各手術行程、手術全体における手技の自信度に関するアンケートに回答し、事前学習のない状態で研究Ⅰで作成した鼠径ヘルニアの知識に関するテストを受けた。また参加者は、先に配布したセッティングのスライドを Zoom™ で研究者と共有しながら、郵送された TAPP のシミュレーターのセッティングを行った。

[トレーニング前の TAPP 技能評価]

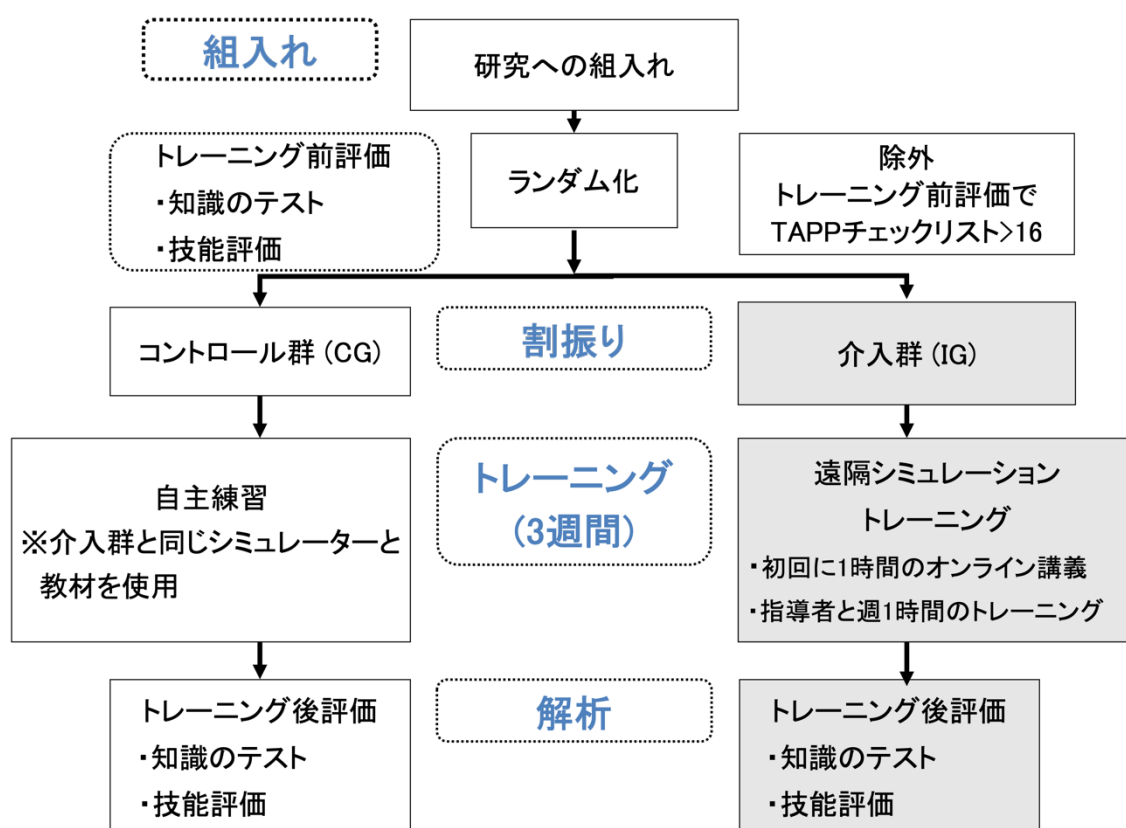
参加者は独力でシミュレーター環境下に TAPP を執刀し、その際の手術動画をビデオカメラの SD メモリーカードに記録した。研究者は手術動画を TAPP の評価スケールである TAPP チェックリストと GOALS-GH により TAPP の手技を盲検的に技能評価した。

先行研究より熟練者と初心者間では TAPP チェックリストの点数で TAPP 技能に大きな差があることが示されているため (Poudel et al, 2019)、遠隔シミュレーショントレーニング前の技術評価で TAPP チェックリストの点数が 20 点満点中 16 点以上である場合には TAPP の手技が初心者レベル以上と考えられ、本研究期間中のトレーニング

グによる教育効果が少ないと予想されるため、研究参加者から除外した。

トレーニング前の知識評価と技能評価の後、知識評価の得点、技術評価の得点、卒後年数、手術経験数を基に、同じ勤務施設に働く参加者が均等に振り分けられるように参加者を指導医による遠隔シミュレーショントレーニングを行う介入群

(Intervention Group、以下 IG) と、自主トレーニングを行うコントロール群 (Control Group、以下 CG) の2群にランダムに割り付けた。ランダム化にはオンラインのサイト (<https://www.sealedenvelope.com>) を用いてブロックランダム化を行った (図9)。



CG: Control Group

IG: Intervention Group

図9 CONSORT Statement

参加者の卒後年数、手術の執刀経験数、所属施設、トレーニング前評価の得点をもとにブロックランダム化を施行し、介入群とコントロール群に割振りした。

[TAPP 遠隔シミュレーションカリキュラムの実施]

トレーニング期間に関しては研究 I の結果、1 回のトレーニングでも手技向上が望めること、研究参加者と指導者の双方において日常の臨床の合間でトレーニングが可

能な期間とした。3 週間をトレーニング期間として設定し、3 週間のトレーニング前後には知識テスト、TAPP シミュレーションモデルによる技能評価を行った（図 9）。トレーニング前評価が終了した時点で参加者へ研究 I で開発した鼠径ヘルニアに関するスライド教材、シミュレーターモデル、さらにそのモデルを用いて実際に TAPP 手術を行う動画教材を提供した。

IG は初回の遠隔シミュレーショントレーニング時に提供した鼠径ヘルニアに関する教材を Zoom™ で共有し、研究者から約 1 時間のオンライン講義を受けた。その後、週 1 回約 1 時間の遠隔シミュレーショントレーニングを 3 週間行い、同期間に自主練習も行った。CG は、IG と全く同じシミュレーショントレーニングの機材と教材が提供され、それらを用いて IG と同じく 3 週間のトレーニング期間で自主練習を行った。参加者は全員、自主練習時間を記録し、トレーニング終了後にトレーニング前評価と同様、ヘルニアに関する知識のテストとシミュレーター環境下に独力で TAPP 手術を行う技能評価を受けた。評価後、参加者は TAPP の各行程における手技の自信度、遠隔シミュレーショントレーニングに対する満足度に関するアンケートに回答した。

〔トレーニング前後の TAPP 技能評価〕

参加者全員分のトレーニング前後評価用の TAPP シミュレーション執刀動画に対して TAPP チェックリストと GOALS-GH の 2 つの評価スケールを用いて盲検的に技能評価を行った。技能評価は事前に GOALS-GH の開発者である外科教育専門家による評価者トレーニングを受けた後に研究者が行った。外科教育専門家と研究者がランダムに抽出された 6 つの TAPP シミュレーションビデオを TAPP チェックリストと GOALS-GH でそれぞれ評価し、評価者間の信頼性を検討した。

本研究では、20 点満点の TAPP チェックリストのうち、実際の手術執刀経験による習得が必要な 4 項目を除外した 16 点がトレーニングによって達成し得る目標点数と考え、IG と CG において達成できる割合が異なると仮定し、サンプルサイズを設定した。16 点以上獲得できる割合が IG で 80%、CG で 40%と仮定し、検出力 80%、 α エラーを 5%に設定したところ、ピアソンのカイ 2 乗検定で必要症例数は 1 群 18 例となった。脱落を考慮し片群の必要症例数を 20 例、両群 40 例とした。

主要検討項目として、トレーニング後に両群で 16 点以上に達した割合を比較検討した。また、トレーニング前後の手技の向上を TAPP チェックリスト、GOALS-GH のそれぞれの評価スケールごとに解析し、トレーニング前後のテストで鼠径ヘルニアに関する知識の向上がみられるか、および TAPP の手技に対する自信度が向上するかを検討した。また、研究参加者に本研究で行った遠隔シミュレーショントレーニングと作成した教材の外科教育的な有用性に関してもアンケート調査を実施した。

統計学的手法

トレーニング後に両群が 16 点以上に達した割合の比較にはピアソンのカイ 2 乗検定を用いて検討した。2 群間の背景、結果の比較には、マン・ホイットニーの U 検定を用い、質的データの差の評価にはカイ 2 乗検定を用いた。各群のトレーニング前後の技能評価の比較にはウィルコクソンの符号順位和検定を用いた。評価者間信頼性は級内相関係数を用いて評価した。データは中央値（四分位範囲）で示し、両側 p 値が 0.05 未満を統計的に有意とみなした。主要検討項目は JMP Pro 17 (SAS Institute Inc, Cary, NC) を用いて解析し、その他の解析はすべて SPSS version 26.0 (IBM Armonk New York, USA)を用いて行った。

倫理的配慮

本研究は北海道大学の倫理委員会からの承認（北海道大学大学院医学研究院 IRB 承認番号：医 20-037）、研究参加者の施設からの承認、参加者からの書面同意を得て実施した。

結 果

2021 年 3 月から 2022 年 1 月の期間中に日本国内 16 施設から、43 名の外科医が本研究に参加した。最も遠方の参加者は、指導者から約 2000km 離れた施設からの参加であった。トレーニングや試験の中断を要する通信障害はなかった。参加者はランダム化により、IG に 22 名、CG に 21 名が振り分けられた。CG に属していた 2 名は、参加者の個人的理由で研究から脱落し、IG 22 名、CG 19 名に対して最終的な評価、解析を行った。参加者の背景に IG、CG 間の背景および自主練習に費やした時間に有意差はなかった（表 5）。

表5 参加者背景

グループ	コントロール群 (CG) (n=19)	介入群 (IG) (n=22)	p 値
卒後年数 (2/3/4)	8/8/3	12/8/2	0.675
TAPP 執刀経験のある参加者数	0	1	0.347
TAPP の助手の経験数	3 (1-10)	2 (0-9.75)	0.168
腹腔鏡手術執刀経験数	2 (0-10)	2 (1-9.5)	0.536
自主練習時間 (分)	460 (282.5-592.5)	320 (242.5-577.5)	0.278
遠隔シミュレーショントレーニング合計時間 (分)		187 (181.5-192.5)	
中央値 (四分位範囲)			

〔トレーニング前後の技能評価の検討〕

全参加者のトレーニング前、トレーニング後の TAPP 動画のうち 6 本を盲目的に選別し、2 人の評価者が TAPP チェックリストと GOALS-GH を用いて評価した。2 人の評価者間の級内相関係数は、TAPP チェックリストで 0.95 (0.69-0.99)、GOALS-GH で 0.96 (0.73-0.99) であり、評価者間の高い信頼性が示された。そのため、本研究では 2 名の評価者のうち 1 名がすべての TAPP シミュレーションビデオを盲検的に評価しデータ解析した。主要評価項目であるトレーニング後に両群が 16 点以上に達した割合の比較は、IG で 15 名 (68%)、CG で 4 名 (21%) が 16 点以上を獲得し、両群の達成率に有意差を認めた ($p=0.0025$)。

遠隔シミュレーショントレーニング前の IG と CG 両群の技能評価スコアに差はなく、両群ともトレーニング後評価では有意に得点が改善した。さらに、トレーニング後評価では、IG のスコアは CG のスコアを有意に上回った (図 10)。

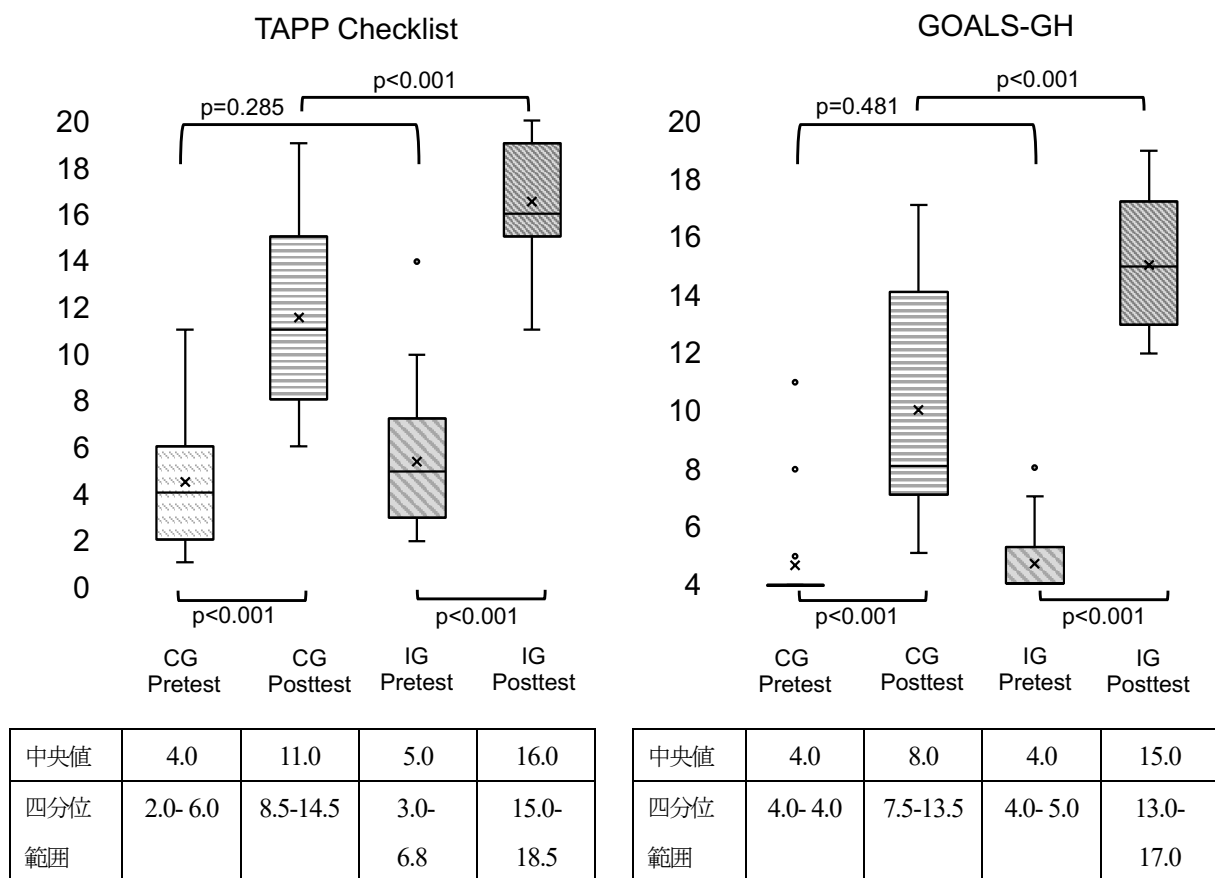


図 10 トレーニング前後の 2 つの評価ツールでの技能評価の得点

Pretest: トレーニング前評価、Posttest: トレーニング後評価

〔トレーニング前後の知識の改善に関する検討〕（表 6）

トレーニング前評価の得点は、両群間に統計学的有意差を認めなかった。両群とも、トレーニング後評価の得点に有意な改善が認められたが、両群のトレーニング後の得点に有意差は認めなかった。

表 6 トレーニング前後の知識テストの得点

	コントロール群 (n=19)	介入群 (n=22)	p 値
トレーニング前スコア（合計 15 点）	8.0 (6.5-9.0)	7.0 (5.3-8.0)	0.45
トレーニング後スコア（合計 15 点）	9.0 (8.5-11.0)	10.0 (8.0-11.0)	0.43
p 値	0.02	<0.01	

中央値（四分位範囲）

〔トレーニング前後の TAPP 手技の自信度および有効性に関するアンケート〕（表 7、表 8）

トレーニングの前後で TAPP の各工程における自信度を 10 段階でアンケートを行った（10 段階；1：全く自信がない、5：普通、10：とても自信がある）。トレーニング後、参加者の TAPP 手技の様々な側面に対する自信度のスコアは両群で有意に改善した。CG と IG の間では、特にメッシュ留置のための腹膜前腔剥離とメッシュの展開において有意差が認められた（表 7）。また、遠隔シミュレーショントレーニングに対する満足度に関して 5 段階でアンケート調査を行ったところ（5 段階；1：全くそう思わない、3：どちらでもない、5：強くそう思う）、両群とも TAPP の手術手技の評価およびトレーニングにおいて TAPP 遠隔シミュレーションカリキュラムが有用であると返答した（表 8）。

表7 TAPP の各工程における手技の自信度に関するアンケート

TAPP の各工程		コントロール群 (n=19)	介入群 (n=22)	p 値
腹膜切開	トレーニング前	1 (1.0-4.0)	2 (1.0-3.0)	0.427
	トレーニング後	5 (4.0-6.0)	6 (5.0-6.8)	0.427
	p 値	<0.001	<0.001	
腹膜前腔剥離	トレーニング前	1 (1.0-3.0)	1 (1.0-2.0)	0.678
	トレーニング後	5 (3.5-5.0)	6 (5.0-7.0)	0.014
	p 値	<0.001	<0.001	
ヘルニア囊の還納	トレーニング前	1 (1.0-2.5)	1 (1.0-2.0)	0.309
	トレーニング後	4 (2.5-5.0)	4 (3.3-5.0)	0.987
	p 値	0.001	<0.001	
剥離範囲	トレーニング前	1 (1.0-2.0)	1 (1.0-2.0)	0.707
	トレーニング後	5 (3.5-6.0)	5 (4.3-6.8)	0.536
	p 値	<0.001	<0.001	
メッシュの展開	トレーニング前	1 (1.0-2.0)	1 (1.0-2.0)	0.747
	トレーニング後	5 (4.0-7.8)	6 (4.0-7.8)	0.010
	p 値	<0.001	<0.001	
腹膜の縫合	トレーニング前	1 (1.0-3.0)	2 (1.0-3.8)	0.326
	トレーニング後	5 (3.5-7.0)	5 (4.0-7.0)	0.707
	p 値	<0.001	<0.001	
手技全体	トレーニング前	1 (1.0-2.0)	1 (1.0-2.0)	0.707
	トレーニング後	4 (3.0-5.5)	5 (4.3-6.0)	0.326
	p 値	<0.001	<0.001	

中央値（四分位範囲）

表8 遠隔シミュレーショントレーニングに対する満足度に関するアンケート

	コントロール群 (n=19)	介入群 (n=22)	p 値
TAPP 遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムは手術の技能評価に有用である	4 (4.0-5.0)	4 (4.0-5.0)	0.829
TAPP 遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムは手技のトレーニングに有用である	4 (4.0-5.0)	5 (4.0-5.0)	1.00

中央値（四分位範囲）

考 察

本研究では、包括的な TAPP 遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムを開発し、その教育的有用性を証明した。このカリキュラムには知識を育成するための講義と、実技トレーニングのためのシミュレーショントレーニングが含まれる。鼠径ヘルニアに関する知識獲得のための教材を新規に作成し、知識の評価テストが妥当であることを示した上で、教材を用いた遠隔講義が知識の獲得に有効である可能性を示した。実技トレーニングのために TAPP 遠隔シミュレーショントレーニングのセッティングを確立し、多くの行程と手技を含む遠隔シミュレーショントレーニングは視覚的アドバイスをを用いるなどの工夫が必要と考えられたが、通信障害などの影響なくトレーニングを円滑に行うことが出来た。それぞれのカリキュラムの実行可能性に関して別々に検証し、いずれも実行可能であると結論づけ、双方を含んだ包括的なカリキュラムとした。鼠径ヘルニアに関する知識はもちろん、鼠径ヘルニアの手術手技の動画映像はウェビナーや YouTube™ などを通じて比較的容易に情報を入手できるようになった。しかし、これまでに報告されている鼠径ヘルニアに関するカリキュラムは、スキルトレーニングのみを提供するものであり (Kurashima et al, 2014; Poudel et al, 2018)、知識とスキル両方を組み合わせた包括的なカリキュラムに関する学術的な報告はない。今回開発したカリキュラムはスキルトレーニングだけでなく、修練医の知識が不足していると考えられるポイントや術中トラブルシューティングなどの情報も得ることができ、臨床に即した外科教育効果が期待できる。

シミュレーショントレーニングは、外科手術トレーニングの重要な役割を果たしており、多くの研究が報告されてきた。ヘルニア領域ではシミュレーショントレーニングが手術手技の向上にとどまらず、患者の転帰も改善することが実証されている (Zendejas et al, 2011)。COVID-19 パンデミックの状況下において、世界中の外科教育者たちはソーシャル・ディスタンスを保ち、感染のリスクを低く抑えながら外科修練を継続できる方略を模索する必要に迫られた。以前は、遠隔シミュレーションは主に先進国の外科指導医と発展途上国の修練医間でトレーニングを行うために使用されていたツールであったが、COVID-19 パンデミックが発生すると大きな関心を集めることとなった (Roach and Okrainec, 2021)。外科分野の教育者達は主に患者診察、患者の情報を的確に伝えて医療者間のチームワークとコミュニケーションを築くハンドオフトレーニング、基本手術手技のトレーニングとして遠隔シミュレーショントレーニングを応用してきた (Brei et al, 2021; Carter et al, 2021)。近年では、外科手術用エネルギーデバイスの安全使用に関するプログラムである Fundamental Use of Surgical Energy™ (FUSE) や、より難易度の高い腹腔鏡下縫合術などの具体的な遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムに対する実行可能性が実証されている (Altieri

et al, 2020; Bilgic et al, 2022)。本研究では、TAPP の術式に準じたより高度な手技を要する遠隔シミュレーショントレーニングが、TAPP 初心者の手術手技を向上させることを明らかにした。また、コントロール群においても技能が向上していたことから、修練医にトレーニング用シミュレーターと教材を提供するだけでも技能が向上することが証明され、さらに、遠隔であつても指導者による双方向性の直接指導が付加されることで修練医のスキルはさらに向上することが示された。McCoy ら (McCoy et al, 2017) によると遠隔シミュレーショントレーニングは地理的な環境に縛られないため、より多くの受講者と指導者を確保することができると述べている。Carter ら (Carter et al, 2021) は、対面式トレーニングの 50% の設備費で遠隔シミュレーショントレーニングを実施することができたことを報告しており、このことは遠隔シミュレーショントレーニングがオンサイトトレーニングよりも費用対効果が高く、利用しやすいトレーニングシステムであることを示している。遠隔シミュレーショントレーニングは学習者が場所に関係なく、多様な教育資源にアクセスできることから、今後さらに普及することが予想され、ポスト COVID-19 時代においてもその重要性は不変であると考えられる。

本研究では 2000km という遠距離を含む日本全国の修練医を対象に、遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムを実施し、物理的な距離に関わらずトレーニングを行うことが可能であることを示した。シミュレーショントレーニングは一般的にコンピテンシーベースのトレーニングが最も効果的であるとされているが、研究 I において 1 回のトレーニングでも TAPP のスキルスコアが改善したこと、シミュレーター設備費用などのコスト面や、指導者と参加者のスケジュール調整などから現実的な実行可能性を考慮し、本研究では 3 回の遠隔シミュレーショントレーニングセッションをカリキュラムに採用した。この 3 回のセッションで、TAPP 手術の習熟と自信の向上に十分な効果があったと考えられるものの、目標点数への達成率は想定していたよりも低い結果であった。コンピテンシーベースとし、さらに多くのトレーニングセッションを付加していれば達成率はさらに高くなり、目標に達していた可能性がある。目標点数に達することができなかった参加者には追加のトレーニングを設けるなどの検討も必要と考えられる。コントロール群と遠隔シミュレーショントレーニング群を比較すると、シミュレーション自己トレーニングのみでもコントロール群参加者の自信度の向上が見られたが、遠隔トレーニング群では指導者のフィードバックを受けることで剥離範囲、メッシュの展開に関してさらに自信を深めることができていた。過去の研究でも、外科教育における技術の習得と研鑽に対するフィードバックの重要性が強調されている (El Boghdady and Alijani A, 2017)。Poudel らの研究 (Poudel et al, 2018) では、手術手技指導の際に評価とフィードバックを提供することで、初心者の TAPP の手術技能が有意に向上することを示しており、Strandbygaard ら

(Strandbygaard et al, 2013) はトレーニング後にインストラクターがフィードバックを行うことで、バーチャルリアリティシミュレーターを用いたシミュレーショントレーニングの効果が向上することを示している。さらに最近、Tejos ら (Tejos et al, 2021) は、単純な腹腔鏡下の縫合シミュレーションでは、ビデオベースのシミュレーションよりも、同僚またはエキスパートからのフィードバックを受ける方が、技能が向上することを示した。本研究のカリキュラムでは指導者がトレーニングにオンラインツールを用いて加わり、修練医にリアルタイムにフィードバックを行い、さらに各トレーニングセッションの最後に総括的フィードバックを行った。Hatala ら (Hatala et al, 2014) によるメタアナリシスでは、初心者の技能トレーニングには、手技中のリアルタイムのフィードバックよりも最後に行う総括的なフィードバックの方が効果的であると結論づけている。また、オンラインツールを利用して手技中ではない時に確認できるような非同期性のフィードバックを提供することが有用であるとの報告もある (Gaete et al, 2023; Quezada et al, 2019)。しかし、これらの研究は縫合のような単純な手技や手術手技の一部を対象としたものであり、手術工程全体を対象としたものではない。手技の複雑さを考慮すると、本研究においては手技と同時進行に行うトレーニング中のフィードバックと、トレーニング後の総括的なフィードバックを組み合わせることが、修練医のスキルを向上させる上でより効率的であり、修練医間の技能のギャップを最小化することに貢献したと考えられる。

本研究では、講師によるオンラインの講義が参加者の知識向上に与える影響は有意な相加効果として観察されなかった。Tuma ら (Tuma et al, 2021) は手技の指導においてだけでなく、知識を得るための授業においても双方向学習が不可欠であると主張している。本研究カリキュラムのオンライン講義は1対1の形式で行い、参加者が講師と対話する機会は十分にあったが、それだけでは参加者の知識を有意に向上させることはできなかった。遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムにおける、知識に関する教育的な内容をより効果的なものにするためには、講義中に複数の参加者によるディスカッションを行うなどの双方向性、多方向性、学習者中心のアプローチを用いたカリキュラムの検討が必要である。また、研究Ⅰの知識評価パイロットテストにおいて熟練者のテストA、Bの点数が15点満点中11~12.5点にとどまっていたことから、テスト自体の内容の難易度の再検討も必要であると考えられた。

本研究はCOVID-19パンデミックにより、人との距離や行動等が極めて制限され、臨床現場では良性疾患である鼠径ヘルニアの手術が制限された研究参加施設が多く、決められた日程内で手術室における手術手技の技能評価は困難であると判断し、研究参加修練医の技能評価はシミュレーター環境下のみで評価した。しかし、先行研究にて本研究で利用したシミュレーターによるトレーニングが、シミュレーター環境下のみでなく、実際の手術においても腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術の技能向上に有効

であったことが証明されており、今回の遠隔シミュレーショントレーニングにおいても実際の手術の技能向上が得られていたことが推測される。

本研究では、人的・時間的資源や材料費の制約から到達目標を達成できるまでトレーニングを繰り返すコンピテンシーベースのカリキュラムは採用しなかったものの、遠隔トレーニング群の約70%が到達目標を達成していることから、TAPP遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムは、限られたトレーニング時間の中でも優れた教育効果があることが示された。今回は国内のみでの検討であったが、本遠隔トレーニングシステムは国を超えた指導への応用の可能性も有していると考えられる。

総括および結論

1) 本研究から得られた新知見とその意義

1. インターネット環境を利用した腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術の遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムを開発した。
2. 高度な手技を要する TAPP のトレーニングにおいても、遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムにより技能の向上を望むことができ、学習者の手技に対する自信度も向上した。
3. 遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムにおけるオンライン講義による知識の向上は有意な相加効果としては認められなかった。

2) 新知見の意義

本研究では高度な手技を要する腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術のトレーニングにおける外科教育ツールとしての有効性を示した。今回開発した簡易な遠隔シミュレーショントレーニングの設定は利便性が高く、修練医がトレーニングの場所に縛られずに遠隔シミュレーションカリキュラムを行うことで、効率的に技能を向上できると考えられた。遠隔トレーニングの応用は外科教育手法の選択肢の一つになり得る。

3) 本研究で得られた新知見から今後どのような研究が展開されうるか

患者へ安全な外科治療を提供するために、外科医は高度な知識と技能を習得することが求められる。本研究で開発した腹腔鏡下鼠径ヘルニア修復術の遠隔シミュレーショントレーニングカリキュラムは、その有用性が証明された。本研究はこれまでに報告されている遠隔シミュレーショントレーニングより複雑な術式を対象とした教育カリキュラムであり、他領域の手術への応用も期待できる。本遠隔トレーニングシステムはインターネット環境が整備されていれば世界中どこでも指導・トレーニングができることから、日本国内のみだけでなく、グローバルな手術指導教育の可能性を有している。

4) 今後の課題

遠隔シミュレーショントレーニングを有効な外科教育手法として普及させるために、外科手術トレーニングとしての認知度を向上させる必要がある。

実技指導に付随する教育ツールに関しては更なる検討が必要である。オンライン講義の形式を修練医を中心とした双方向性の講義とする方略の検討や、テスト問題内

容の難易度を含めた検討が必要である。

また、外科医育成のためには良き指導者を育成することも重要であり、外科教育の普及や外科教育研究者の人材育成が必要である。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究の機会を与えていただいた北海道大学大学院医学研究院消化器外科学教室Ⅱ教授 平野 聡先生に深謝する。北海道大学大学院医学研究院クリニカルシミュレーションセンター准教授 倉島 庸先生には、その遂行にあたり終始多大なご指導をいただいた。ここに深謝の意を表する。社会医療法人恵佑会札幌病院消化器外科 サシーム・パウデル先生には、終始多大なるご協力、ご助言をいただいた。ここに万謝する。研究を進めるにあたりご助言をいただいた北海道大学病院医療・ヘルスサイエンス研究開発機構特任講師 渡邊 祐介先生、北海道大学病院医療・ヘルスサイエンス研究開発機構プロモーションユニットデータサイエンスセンター教授 伊藤 陽一先生に拝謝する。また、本研究のカリキュラム作成にご協力いただいた市立旭川病院外科診療部長 村上 慶洋先生、医療法人社団みやざき外科・ヘルニアクリニック 宮崎 恭介先生、国家公務員共済組合連合会斗南病院消化器外科センター長 川原田 陽先生に深く感謝申し上げます。本研究に参加ご協力いただいた沖縄県立中部病院、総合南東北病院、芳賀赤十字病院、新小山市民病院、製鉄記念室蘭病院、市立旭川病院、斗南病院、王子総合病院、手稲溪仁会病院、市立釧路総合病院、帯広厚生病院、北見赤十字病院、国立病院機構函館病院、旭川赤十字病院の外科修練医の先生方に感謝の意を表する。最後に、本研究を支えてくださった北海道大学大学院医学研究院消化器外科学教室Ⅱの全ての皆様に心より御礼申し上げます。

本研究は、JSPS 科学研究費助成 21K17221 を受けたものである。

利 益 相 反

開示すべき利益相反状態はない。

引 用 文 献

Akhtar KS, Chen A, Standfield NJ and Gupte CM (2014) The role of simulation in developing surgical skills. *Curr Rev Musculoskelet Med* 7, 155-160.

Altieri MS, Carmichael H, Jones E, Robinson T, Pryor A and Madani A (2020) Educational value of telementoring for a simulation-based fundamental use of surgical energy™ (FUSE) curriculum: a randomized controlled trial in surgical trainees. *Surg Endosc* 34, 3650–3655.

Bilgic E, Okrainec A, Valanci S, Di Palma A, Fecso A, Kaneva P, Masino C, Watanabe Y, Vassiliou MC, Feldman LS, et al (2022) Development of a simulation curriculum to teach and assess advanced laparoscopic suturing skills using telesimulation: a feasibility study. *Surg Endosc* 36, 5483-5490.

Brei BK, Neches S, Gray MM, Handley S, Castera M, Hedstrom A, Cruz RD, Kolnik S, Strandjord T, Mietttsch U, et al (2021) Telehealth training during the COVID-19 pandemic: a feasibility study of large group multiplatform telesimulation training. *Telemed J E Health* 27, 1166–1173.

Carter K, Podczewinski J, Love L, Twiss M, Blanchard A, Arora VM and Martin SK (2021) Utilizing telesimulation for advanced skills training in consultation and handoff communication: a Post-COVID-19 GME bootcamp experience. *J Hosp Med* 16, 730–734.

Chick RC, Clifton GT, Peace KM, Propper BW, Hale DF, Alseidi AA and Vreeland TJ (2020) Using Technology to Maintain the Education of Residents During the COVID-19 Pandemic. *J Surg Educ* 77, 729-732.

Dawe SR, Pena GN, Windsor JA, Broeders JA, Cregan PC, Hewett PJ and Maddern GJ (2014) Systematic review of skills transfer after surgical simulation-based training. *Br J Surg* 101, 1063-1076.

Diaz MCG and Walsh BM (2021) Telesimulation-based education during COVID-19. *Clin Teach* 18, 121-125.

El Boghdady M and Alijani A (2017) Feedback in surgical education. *Surgeon* 15, 98-103.

Gaete MI, Belmar F, Cortés M, Alseidi A, Asbun D, Durán V, Escalona G, Achurra P, Villagrán I, Crovari F, et al (2023) Remote and asynchronous training network: from a SAGES grant to an eight-country remote laparoscopic simulation training program. *Surg Endosc* 37, 1458-1465.

Hatala R, Cook DA, Zendejas B, Hamstra SJ and Brydges R (2014) Feedback for simulation-based procedural skills training: a meta-analysis and critical narrative synthesis. *Adv Health Sci Educ Theory Pract* 19, 251-272.

Korndorffer JR, Jr., Dunne JB, Sierra R, Stefanidis D, Touchard CL and Scott DJ (2005) Simulator training for laparoscopic suturing using performance goals translates to the operating room. *J Am Coll Surg* 201, 23-29.

Kurashima Y, Feldman LS, Al-Sabah S, Kaneva PA, Fried GM and Vassiliou MC (2011) A tool for training and evaluation of laparoscopic inguinal hernia repair: the Global Operative Assessment Of Laparoscopic Skills-Groin Hernia (GOALS-GH). *Am J Surg* 201, 54-61.

Kurashima Y, Feldman LS, Kaneva PA, Fried GM, Bergman S, Demyttenaere SV, Li C and Vassiliou MC (2014) Simulation-based training improves the operative performance of totally extraperitoneal (TEP) laparoscopic inguinal hernia repair: a prospective randomized controlled trial. *Surg Endosc* 28, 783-788.

Lu J, Cuff RF and Mansour MA (2021) Simulation in surgical education. *Am J Surg*. 221, 509-514.

McCoy CE, Sayegh J, Alrabah R and Yarris LM (2017) Telesimulation: An Innovative Tool for Health Professions Education. *AEM Educ Train* 1, 132-136.

Mizota T, Kurashima Y, Poudel S, Watanabe Y, Shichinohe T and Hirano S (2018) Step-by-step training in basic laparoscopic skills using two-way web conferencing software for remote coaching: A multicenter randomized controlled study. *Am J Surg* 216, 88-92.

Okrainec A, Henao O and Azzie G (2010) Telesimulation: an effective method for teaching the fundamentals of laparoscopic surgery in resource-restricted countries. *Surg Endosc* 24, 417-422.

Peters JH, Fried GM, Swanstrom LL, Soper NJ, Sillin LF, Schirmer B and Hoffman K (2004). Development and validation of a comprehensive program of education and assessment of the basic fundamentals of laparoscopic surgery. *Surgery* 135, 21-27.

Poudel S, Kurashima Y, Kawarada Y, Watanabe Y, Murakami Y, Matsumura Y, Kato H, Miyazaki K, Shichinohe T and Hirano S (2016) Development and validation of a checklist for assessing recorded performance of laparoscopic inguinal hernia repair. *Am J Surg* 212, 468-474.

Poudel S, Watanabe Y, Kurashima Y, Ito YM, Murakami Y, Tanaka K, Kawase H, Shichinohe T and Hirano S (2019) Identifying the Essential Portions of the Skill Acquisition Process Using Item Response Theory. *J Surg Educ* 76, 1101-1106.

Quezada J, Achurra P, Asbun D, Polom K, Roviello F, Buckel E, Inzunza M, Escalona G, Jarufe N and Varas J (2019) Smartphone application supplements laparoscopic training through simulation by reducing the need for feedback from expert tutors. *Surg Open Sci* 1, 100-104.

Ritter EM and Scott DJ (2007) Design of a proficiency-based skills training curriculum for the fundamentals of laparoscopic surgery. *Surg Innov* 14, 107-112.

Roach E and Okrainec A (2021) Telesimulation for remote simulation and assessment. *J Surg Oncol* 124, 193-199.

Scott DJ, Bergen PC, Rege RV, Laycock R, Tesfay ST, Valentine RJ, Euhus DM, Jeyarajah DR, Thompson WM and Jones DB (2000) Laparoscopic training on bench models: better and more cost effective than operating room experience? *J Am Coll Surg* 191, 272-283.

Seymour NE (2008) VR to OR: a review of the evidence that virtual reality simulation improves operating room performance. *World J Surg* 32, 182-188.

Sroka G, Feldman LS, Vassiliou MC, Kaneva PA, Fayez R and Fried GM (2010) Fundamentals of laparoscopic surgery simulator training to proficiency improves laparoscopic performance in the operating room-a randomized controlled trial. *Am J Surg* 199, 115-120.

Stefanidis D, Yonce TC, Green JM and Coker AP (2013) Cadavers versus pigs: which are better for procedural training of surgery residents outside the OR? *Surgery* 154, 34-37.

Strandbygaard J, Bjerrum F, Maagaard M, Winkel P, Larsen CR, Ringsted C, Gluud C, Grantcharov T, Ottesen B and Sorensen (2013) Instructor feedback versus no instructor feedback on performance in a laparoscopic virtual reality simulator: a randomized trial. *Ann Surg* 257, 839-844.

Tejos R, Crovari F, Achurra P, Avila R, Inzunza M, Jarry C, Martinez J, Riquelme A, Alseidi A and Varas J (2021) Video-Based Guided Simulation without Peer or Expert Feedback is Not Enough: A Randomized Controlled Trial of Simulation-Based Training for Medical Students. *World J Surg* 45, 57-65.

Tuma F, Malgor RD and Nassar AK (2021) Actions to enhance interactive learning in surgery. *Ann Med Surg (Lond)* 64, 102256.

Varban OA, Ardestani A, Peyre S and Smink DS (2013) Assessing the effectiveness of surgical skills laboratories: a national survey. *Simul Healthc* 8, 91-97.

Zendejas B, Cook DA, Bingener J, Huebner M, Dunn WF, Sarr MG and Farley DR (2011) Simulation-based mastery learning improves patient outcomes in laparoscopic inguinal hernia repair: a randomized controlled trial. *Ann Surg* 254, 502-509.