

—原 著—

Virtual Reality 技術を活用した外科系臨床実習

進士 誠一¹ 横堀 將司² 清水 哲也¹ 神田 知洋¹
林 光希¹ 安康 勝喜¹ 吉田 寛¹¹日本医科大学消化器外科²日本医科大学救急医学教室

Use of Virtual Reality Technology in Clinical Clerkships in Surgery

Seiichi Shinji¹, Shoji Yokobori², Tetsuya Shimizu¹, Tomohiro Kanda¹,
Koki Hayashi¹, Katsuyoshi Ankoh¹ and Hiroshi Yoshida¹¹Departments of Gastrointestinal and Hepato-Biliary-Pancreatic Surgery, Nippon Medical School²Departments of Emergency and Critical Care Medicine, Nippon Medical School

Abstract

During their clinical clerkships (CCs) in surgery, medical students are generally introduced to such areas as surgical indications, surgical techniques, and perioperative management through rounds and practical skills training on wards and in operating rooms. Given the technological advances made in virtual reality (VR) over recent years and its increasing use in education and corporate training, we decided to try using VR for the benefit of students on surgical CCs. To this end, we developed what we termed a “VR surgery tour” in the field of gastrointestinal surgery, which involved students using VR goggles to view edited 3D images. We then asked 26 fifth- and sixth-year medical students at Nippon Medical School assigned to CCs in gastrointestinal surgery between November 2020 and September 2021 to evaluate the VR surgery tour via a questionnaire survey. The questionnaire included questions using a five-point Likert scale and space for free comments. Our results showed that all respondents felt satisfied with the VR surgery tour, with 96% of them indicating it was a viable alternative to clinical training; moreover, about 90% of the students found it useful as a teaching aid for pre-learning and requested that VR teaching materials be made available in other fields as well. We concluded that our VR surgery tour is a valuable supplement to practical training in gastrointestinal surgery and that it increases medical students’ motivation to learn. We believe VR is an effective teaching aid and that there will be increasing demand for its use in various education and training programs.

(日本医科大学医学会雑誌 2022; 18: 98-104)

Key words: virtual reality, surgical training, gastrointestinal surgery, clinical clerkship, education

Correspondence to Seiichi Shinji, Departments of Gastrointestinal and Hepato-Biliary-Pancreatic Surgery, Nippon Medical School, 1-1-5 Sendagi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8603, Japan

E-mail: s-shinji@nms.ac.jp

Journal Website (<https://www.nms.ac.jp/sh/jmanms/>)

はじめに

外科系臨床実習では、個々の症例における検査結果から①手術適応を判断し、②手術の目的を考え、③手術の実際、④術前術後管理などについて理論的な思考力と的確な観察力を学ぶ。これらはベッドサイド、手術室で行われる基本手技を見学・実施する診療参加型で行われる。一方で、外科学で最も大切なことはチームワークであり、手術以外にもチームが協力しなければ成り立たない。医学生は組み込まれた診療チームに馴染みながら果たす役割が少しずつ増えていくが¹、このプロセスの中で、メディカルスタッフと協力し、患者さんに接することを学習する。

VR (Virtual Reality=仮想現実) は、ゴーグル型のヘッドマウントディスプレイとヘッドホンを装着し、顔の向きや身体の動きにあわせて 360 度動画を視聴することができるため、限りなく現実に近い、よりリアルな体験をすることが可能な技術である²。視聴者が自由に視点を変えることができるため、従来の撮影者中心の画像とは異なることが特徴である。この技術は医療の分野においても活用されはじめ、手術や処置の実際を VR 動画の視聴や、VR シミュレーターを用いた腹腔鏡・内視鏡手技のトレーニングをとおして、医師の知識や技術向上に役立つものとして期待されている³⁻⁵。

医学教育においてもこの VR 技術は活用できると考えられているが、まだ導入され始めたばかりで、その効果については不明である⁶。ここでは消化器外科領域における手術室での医学教育について、VR 技術を

用いたコンテンツ作成と、この教材を実際に臨床実習で体験した医学生からの評価に分けて、当科の取り組みも含めて概説する。

研究材料および方法

I. VR 技術を用いたコンテンツの作成

撮影に用いた機器を表 1 に示した。VR カメラは Arashi Vision Insta360 Pro2 (図 1A) を使用した。音声は Zoom H2n で集音し編集時に統合した。

術者、第一助手、第二助手 (スコピスト)、麻酔科医、器械出し看護師、外回り看護師、ME (Medical Engineer) などの手術室にいる専門スタッフの動き・チームワークなどを、手術見学者目線で外科系臨床実習を擬似体験できる三次元映像化コンテンツを下記の手順で作成した。

①70 代男性、胆石性胆嚢炎と診断され、腹腔鏡下胆嚢摘出術が予定された患者とその家族から同意 (日本医科大学付属病院倫理委員会受付番号 B-2019-093) を取得した。②可動式 360 度カメラ (図 1A) を見学者目線 (第一助手の左で、高さ距離ともに助手より患者に近づけた位置) となるように設置し、手術室内を撮影した (図 1B)。③同時にバイタルサイン患者モニターと腹腔鏡動画をそれぞれのシステム内の録画装置で録画した。④全ての画像と音声を同期したのち、38 シーン (表 2) に分割し、症例紹介、テロップでの解説とナレーションを加え、手術室入室～麻酔導入～術前準備、腹腔鏡下胆嚢摘出術、麻酔からの覚醒～抜管までの約 3 時間の記録を 16 分 52 秒に編集した (図 3, 図 4)。

表 1 撮影機器

VR 撮影機材	
VR カメラ	Arashi Vision Insta360 Pro 2 (図 1)
記録媒体	SanDisk Extreme Pro SDXC UHS-I 128 GB×1 SanDisk Extreme Pro microSDXC UHS-I 128 GB×6
撮影用機材	アームアイ (ピタッとアーム特注仕様)
雲台	Velbon 自由雲台 QHD-43DN
操作機材	Apple iPad (10.2 インチ, Wi-Fi, 128 GB)
音声収録機材	
レコーダー	Zoom H2n
記録媒体	SanDisk SDSDXVE-032G-JNJIP 32 GB×1
雲台	UN クリップ雲台 UN-5617
画面収録機材	
画面収録機器	マイコンソフト XCAPTURE-MINI DP3913544
映像変換機器	ビデオスキャンコンバーター・ユニット XPC-4 N DP3913546
ケーブル	BUFFALO ディスプレイケーブル DVI アナログ変換 3 m DH-HTD30BK

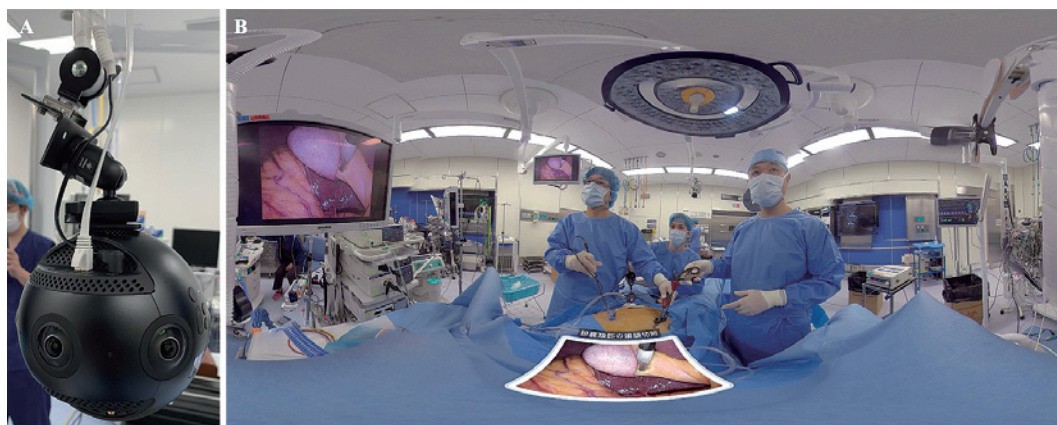


図1 A: 可動式 360 度カメラ. Arashi Vision Insta360 Pro 2. B: 手術見学者目線で撮影することを目的に第一助手左に可動式 360 度カメラを設置し手術室内を撮影した.

表2 腹腔鏡下胆嚢摘出術シーンの詳細

No	手術内容	カット尺 (分:秒)	No	手術内容	カット尺 (分:秒)
1	手術室入室	00:54	20	胆嚢管と胆嚢動脈の確認	00:25
2	麻酔導入後, 口頭展開	00:19	21	胆嚢動脈の処理	00:34
3	気管挿管	00:20	22	胆嚢管の結紮	00:15
4	人工呼吸器接続	00:10	23	胆嚢管切開	00:07
5	呼吸音確認	00:15	24	造影カテーテル挿入	00:10
6	消毒	00:10	25	術中胆道造影	00:12
7	ドレーピング	00:19	26	胆嚢管をクリッピング	00:23
8	ブリーフィング	00:28	27	胆嚢管切離	00:09
9	手術開始	00:15	28	肝床部からの切離 I	00:32
10	カメラポート挿入, 気腹	00:42	29	肝床部からの切離 II	00:15
11	腹腔内観察	00:25	30	胆嚢を回収袋に収納	00:14
12	ポート挿入	00:13	31	気腹終了	00:15
13	癒着剥離	00:22	32	胆嚢を体外に摘出	00:15
14	胆嚢頸部の漿膜切開	00:20	33	洗浄	00:08
15	胆嚢腹側の漿膜剥離	00:36	34	ドレーン留置	00:22
16	胆嚢背側の漿膜剥離	00:43	35	ポート抜去	00:18
17	胆嚢頸部背側の剥離	00:29	36	閉創	00:28
18	Calot 三角腹側の剥離	02:05	37	デブリーフィング	00:12
19	Calot 三角背側の剥離	00:20	38	抜管	00:28



図2 撮影・編集された三次元映像を VR ゴーグルで視聴している様子.

II. 臨床実習での評価

2020年11月~2021年9月までの11カ月間に Clinical Clerkship (CC) として消化器外科に配属された医学部5・6年生を対象に, 撮影・編集された三次元映像を VR ゴーグルで視聴 (図2) 後に5件法と自由記述式でアンケート調査を行った. 質問の項目については表3に示す.

結果

今回の調査の回答者数の合計は26人 (男性19人, 女性7人) で, 年齢の中央値は25歳 (23~28歳) で

表3 質問番号と質問内容

質問番号	質問内容
1	全体の満足度
2-1	講義の内容
2-2	時間の長さ
2-3	ナレーションによる解説
3-1	コロナ禍で手術見学ができないなか、VR手術見学は臨床実習の代替えになると思うか
3-2	臨床実習前にVRコンテンツを聴講することが理解度を高めるために有用と思うか
4	他にもVRコンテンツを作成して欲しいですか

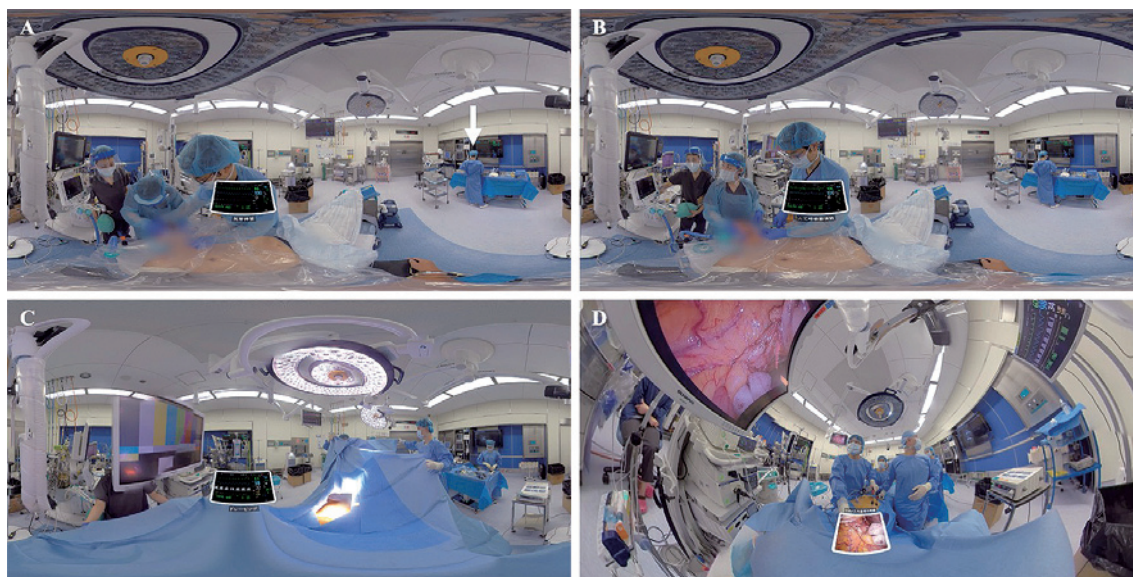


図3 A：気管挿管。麻酔が導入された後、喉頭鏡を用いて喉頭展開し気管チューブを挿入する。首が短い、首の伸展が制限されているなど挿管が困難な場合にはビデオカメラのついた喉頭鏡を用いることもある。後方では器械出し看護師が手術機材のチェックを行なっている（矢印）。B：人工呼吸器接続。挿管ができたら気管チューブと呼吸器回路を接続する。C：ドレーピング。清潔な術野を確保するために、滅菌されたドレープで不潔野を覆う。D：Calot三角腹側の剝離。胆嚢管、胆嚢動脈を露出させるように鋭的・鈍的に剝離を進める。第一助手は後方の画面に映し出された術前画像を確認している。

あった。質問1の「全体の満足度」において、「大変よい」もしくは「よい」と回答したのは100%であった（図5）。

VRコンテンツの質に関する3つの問いにおいては、質問2-1の「講義の内容」において、「大変よい」もしくは「よい」と回答したのは100%（図6A）、質問2-2の「時間の長さ」では、92%が「ちょうどよい」と回答したのに対し、「少し長かった」と「少し短かった」と回答したのは各1人いた（図6B）。また、質問2-3の「ナレーションの解説」に関する問いについては、31%（8人/26人）が「よく理解できた」と回答したのに対し、69%（18人/26人）が「理解できた」であった（図6C）。

VRコンテンツの教材としての有用性に関する2つの問いにおいては、質問3-1の「コロナ禍で手術見学

ができないなか、VR手術見学は臨床実習の代替えになると思うか」では、96%（25人/26人）が「強く思う」もしくは「思う」と回答した（図7A）。また、質問3-2の「臨床実習前にVRコンテンツを聴講することが理解度を高めるために有用と思うか」では、93%（24人/26人）が「強く思う」もしくは「思う」と回答した（図7B）。

質問4の「他にもVRコンテンツを作成して欲しいですか」という問いに対しては、88%（23人/26人）が「はい」と回答し（図8）、その具体的内容として自由記述式で問うたところ、手術術式に関するものや、診察・外科基本手技・検査手技に関するものなどが多数を占めた（表4）。

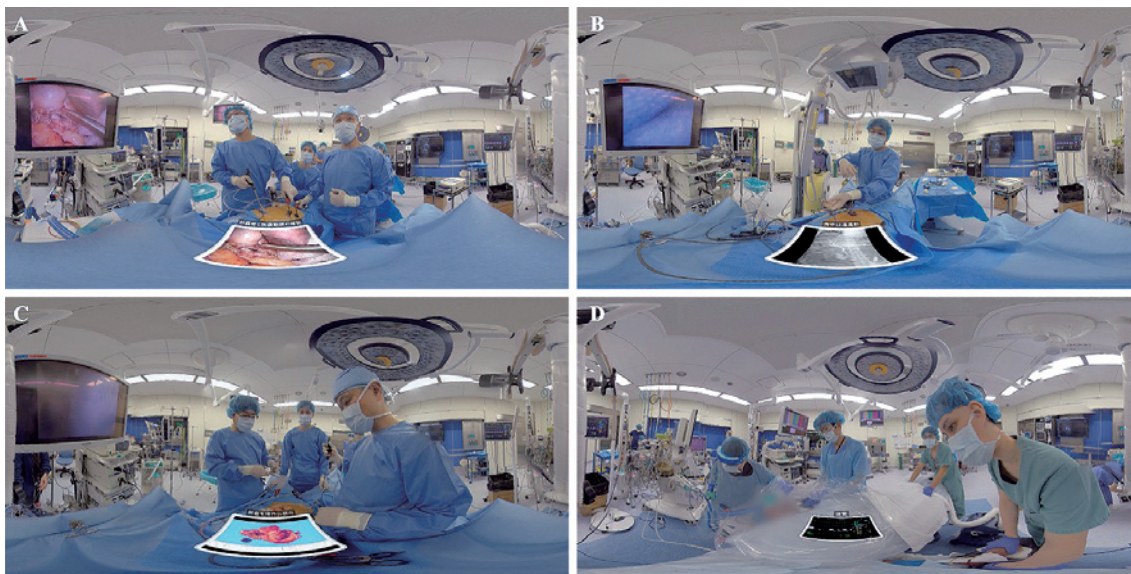


図4 A：胆嚢管と胆嚢動脈の確認。B：術中胆道造影。胆嚢管内に造影剤を注入し術中胆道造影を行う。C：胆嚢を体外に摘出。胆嚢を入れた回収バックを臍部より体外に引き出し摘出する。D：抜管。抜管の基準として、意識・呼吸状態・循環動態・筋力の回復の4項目を確認した後に抜管する。抜管後は自発呼吸、意識状態、除痛の有無などをチェックする。

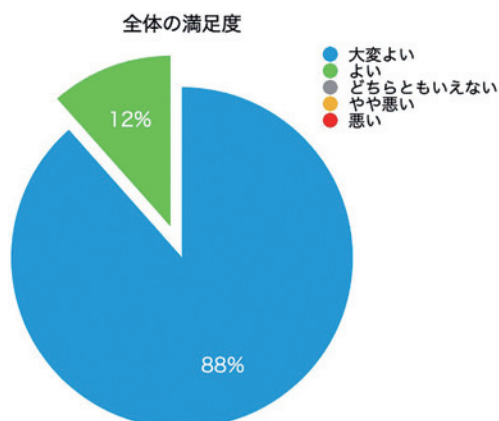


図5 質問1の回答結果

考 察

近年、VRやAR (Augmented Reality=拡張現実) デバイスが開発されたことにより、没入体験型学習や仮想映像と現実世界を繋いだ学習が可能になりつつある²⁷。医学教育の分野では、医学生に対する仮想現実シミュレーターを用いたトレーニングにより腹腔鏡下手術手技の向上が図れることや⁸、VRを活用して解剖を学ぶといった知識の修得⁹、さらには終末期医療における悪い知らせの伝え方を学ぶ態度教育¹⁰などの報告がある。

一方で、コロナウイルス感染症 (COVID-19) の蔓

延により、感染拡大防止の観点から外科系臨床実習にも制約が生じた¹¹⁾。手術見学ができないだけでなく、縫合や糸結び、ガウンテクニックなど、多くのハンズオントレーニングを行う機会も大幅に減った。このため、定点カメラや鏡視下に撮影した映像データを組み込んだ授業などで代替していたが、本来、手術見学を通して学ぶべきメディカルスタッフとの関わりや、術者・助手のチームにおけるそれぞれの役割を見たり知ることができなくなった。このため、手術室に入ることなく消化器外科手術の流れを、あたかも手術室で見学しているかのように実習できる教材を準備する必要性が生じた。

このようなことを背景に、我々は消化器外科領域においてVRをクリニカルクラクシップで活用できるか否かを検証することを目的に、腹腔鏡下胆嚢摘出術を題材に見学者目線のコンテンツを作成した。また、作成したコンテンツの適切さと改善点を把握することを目的に、実際に体験した医学生にアンケート調査を行い評価した。今回の調査では、26人の医学生全員から「満足である」という回答と、96% (25人/26人) から「VR手術見学は臨床実習の代替えになると思う」という回答が得られた。これらの結果から、今後、新たな学生教育の一つの手法として、需要があると考えられた。

今回作成したVRコンテンツの質に関しては、講義の内容について全員から「よい」以上の回答を得られたが、これは手術室への入室～抜管まで手術全体の流

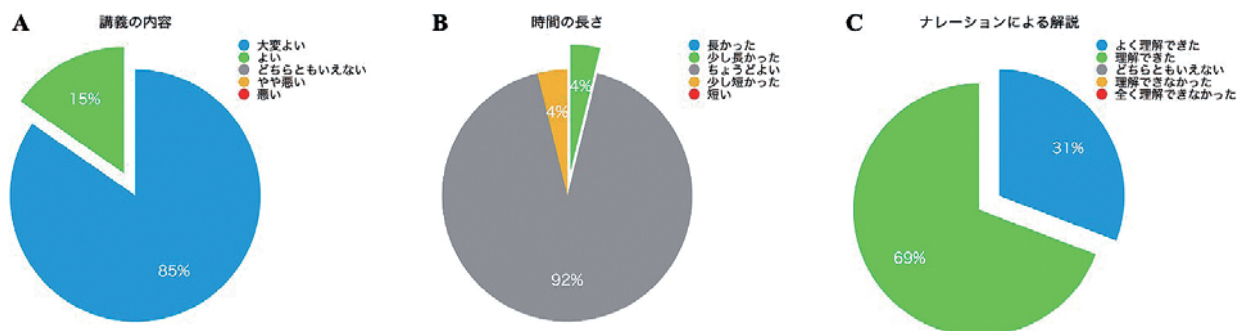


図6 質問 2-1, 2-2, 2-3 の回答結果

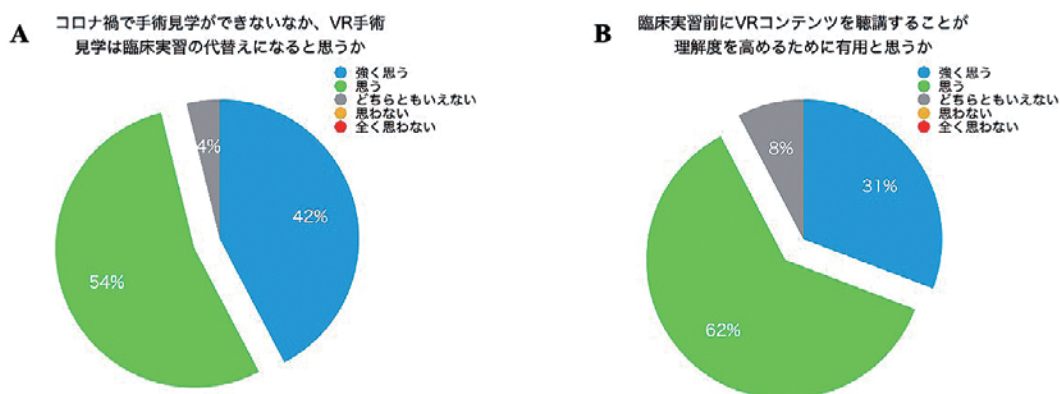


図7 質問 3-1, 3-2 の回答結果

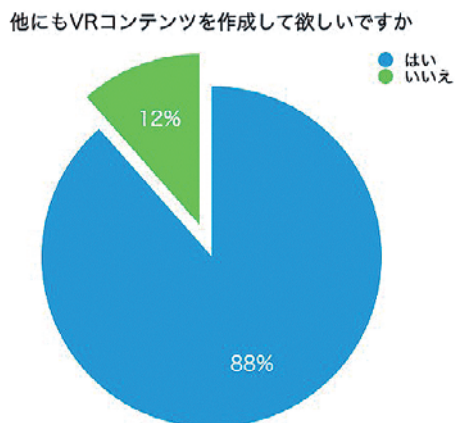


図8 質問 4 の回答結果

これを網羅したことで、手術術式以外についても学習できたことによるものと考えられる。また、今回、約3時間におよぶ尺を38シーンに分け、16分52秒に編集した。この点も評価され、コンテンツの時間の長さについて90%以上の学生から「ちょうどよい」との回答が得られた。今後、編集されたアーカイブを数多く準備しておくことで、数多くの実習を短期間に受講できるだけでなく、実習期間中に経験できなかった疾

患や手術を場所や時間を選ばずに時短で学ぶことができ、学習の機会を効率よく増やすことができると考えられる。また、ナレーションによる解説については、「よく理解できた」と回答した学生は31%で、残りの約70%の学生は「理解できた」との回答であった。今後、音声によるナレーションだけではなく、音声に合わせて字幕を表示したり、重要な部分にマークをつけるなどの視覚的情報を増やすような、より理解度を高める工夫が必要と考えられた。

また、予習教材としてのVRコンテンツの可能性については、質問3-2で93% (24人/26人)の学生から「思う」との回答が得られた。この理由として、あらかじめ手術全体の流れや雰囲気を感じられるVR教材では、見学するポイントを事前に整理しておくことができる。また、実際の手術見学では学生を過度に緊張させてしまう可能性があるが、これを和らげ、学生は冷静に手術を見学できる効果も期待できる。

VR教材としてのニーズについては、約90%の学生から「他のVRコンテンツを作成して欲しい」という今回のアンケート調査結果から、その需要は広がっていくものと思われる。具体的には「今後作成して欲しいVRコンテンツは」という、自由記述式アンケート

表4 今後作成してほしいVRコンテンツ（自由記述式で得られた回答をまとめた）

今後作成してほしいコンテンツ	人
手術（腹腔鏡手術，開腹手術，消化器外科以外の手術など）	7
手技（診察，外科基本手技など）	6
検査（内視鏡検査など）	4
OSCE（Objective Structured Clinical Examination）	4

調査結果で，手術手技，診察手技，検査手技，Objective Structured Clinical Examination（OSCE）など，通常では実習を通して学ぶ領域が候補として多くあがっていた。

VR技術は医学生・医師以外の多職種でのトレーニング需要が急速に重要度を増している⁴。これは，それぞれの職種におけるトレーニングプログラムの枠を超え，これまで，体験できなかった状況を体験でき，医療水準と多職種連携を向上させることに寄与するものと考えられる。しかしながら，臨床実習においてVR技術のみでは，医師としての自覚や倫理観（人は傷つけなければ血が流れ，命は尊いものである）の欠落に通じる危険性があることに留意する必要がある。VR教材は直感的で分かりやすく，自分で見たいところを見ることができるといった本人の意思が関与できる特性を生かし，実際の臨床実習と併用することで，双方の足りない点を補完し合うものになると考える。今後の医学教育におけるVR技術の方向性に関しては，実際の臨床実習との比較やコンテンツの教育効果を検証するとともに，360度映像の利点を活かした学習者視点解析，手技の上達度判定システムの構築，リアルタイムでのリモート臨床実習など，幅広い分野での展開が期待される。

結 論

VR手術見学は消化器外科臨床実習の授業内容を補足するだけでなく，学習者の学習意欲を高める手段として有用であり，さらには臨床実習を予習するための教材としても効果的であると考えられた。

謝辞：本研究の撮影に協力して頂いた日本医科大学付属病院ME部の平尾健さんに深謝いたします。

Conflict of Interest：開示すべき利益相反はなし。

文 献

1. 矢島知治：臨床実習。杏林医学会雑誌 2021; 52: 35-38.
2. 中村陽一，廣井直樹，島田英昭：Virtual realityの医学教育への応用。東邦医学会雑誌 2019; 66: 178-184.
3. Reznick RK, MacRae H: Teaching surgical skills—changes in the wind. *N Engl J Med* 2006; 355: 2664-2669.
4. 藤原道隆，岩田直樹，三澤一成ほか：VR手術シミュレータの20年と今日的意義。VR医学 2020; 16: 1-14.
5. 岡本健太郎，荻野 恵，伊藤佳史ほか：VR（Virtual Reality）技術の医学教育への有効性。日本小児放射線学会雑誌 2021; 37: 68-74.
6. Beqari J, Seymour NE: Application of technology to educational needs in surgery. *J Surg Oncol* 2021; 124: 181-192.
7. Vavra P, Roman J, Zonca P, et al.: Recent Development of Augmented Reality in Surgery: A Review. *J Healthc Eng* 2017; 2017: 4574172.
8. Nomura T, Mamada Y, Nakamura Y, et al.: Laparoscopic skill improvement after virtual reality simulator training in medical students as assessed by augmented reality simulator. *Asian J Endosc Surg* 2015; 8: 408-412.
9. Nakai K, Terada S, Takahara A, et al.: Anatomy education for medical students in a virtual reality workspace: A pilot study. *Clin Anat* 2021.
10. Elzie CA, Shaia J: A Pilot Study of the Impact of Virtually Embodying a Patient with a Terminal Illness. *Med Sci Educ* 2021; 31: 665-675.
11. Dedeilia A, Sotiropoulos MG, Hanrahan JG, et al.: Medical and Surgical Education Challenges and Innovations in the COVID-19 Era: A Systematic Review. *In Vivo* 2020; 34: 1603-1611.

（受付：2021年10月14日）

（受理：2021年12月3日）

日本医科大学医学会雑誌は，本論文に対して，クリエイティブ・コモンズ表示4.0国際（CC BY NC ND）ライセンス（<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>）を採用した。ライセンス採用後も，すべての論文の著作権については，日本医科大学医学会が保持するものとする。ライセンスが付与された論文については，非営利目的の場合，元の論文のクレジットを表示することを条件に，すべての者が，ダウンロード，二次使用，複製，再印刷，頒布を行うことができる。