

原 著

医学生を対象とした外科トレーニングにおける Virtual Reality (VR) 教材の教育効果に関する検討

佐 野 友 洋¹⁾ 田 中 良 太²⁾ 妹 尾 琉 都³⁾
服 部 虎太郎⁴⁾ 西 巻 仁 貴¹⁾ 上 嶋 菜 摘⁵⁾
比 企 瑠璃子⁵⁾ 金 田 凌⁶⁾ 中 里 陽 子²⁾
小 島 洋 平⁷⁾ 江 頭 説 子⁸⁾ 大 谷 宗 久⁹⁾
長 瀬 美 樹¹⁰⁾

1) 杏林大学医学部医学科4年

2) 杏林大学医学部呼吸器・甲状腺外科学

3) 杏林大学医学部医学科2年

4) 杏林大学医学部医学科3年

5) 杏林大学医学部医学科5年

6) 杏林大学医学部医学科6年

7) 杏林大学医学部消化器・一般外科学

8) 杏林大学医学部医学教育学

9) 杏林大学医学部物理学

10) 杏林大学医学部肉眼解剖学

(2026.2.24受付, 2026.6.4受理)

要 旨

Virtual Reality (VR) は医学教育分野での活用が進んでいる。本研究では、360°カメラで撮影した手術室の映像を用いたVR教材の医学教育における有用性を検討した。研究1では、医学部2年生122人を対象に肉眼解剖学実習でVR教材を視聴させアンケート調査を行った。その結果、9割以上の学生が術者・助手・看護師の役割理解や高い没入感・臨場感を評価した。一方、手元の見えにくさや視聴による疲労が課題として挙げられた。研究2では、縫合セミナーに参加した学生16人をVR群とnon-VR群に分け、縫合技術評価を行った。両群とも技術向上を認めたが、VR視聴により更なる有意な技術向上は確認できなかった。以上より、本VR教材は理解の促進や臨場感をもたらす点で有用であるが、短時間の単回視聴による技能向上効果は限定的であり、長期的活用の検討が必要と考えられた。

【緒言】

Virtual Reality (以降VRとする) は仮想現実とも言われており、映像によって創り出された仮想空間を専用のゴーグルを装着することで、あたかもそれが現実かのように体験することができる。近年、VRは医療分野においても手術シミュレーション¹⁾ やリハビリテーション²⁾ に応用されており、多くの教育分野においてもその有用性が報告されている。今回、我々はVRが一般の視聴覚教材と比べ没入感・臨場感に優れている点、学習意欲を高める点³⁾、そして様々な手技を学ぶことに優れている点⁴⁾ に注目し

た。本学には学生が自発的に基本的な外科手技を練習することができる同好会 (通称: ひも倶楽部) がある。この活動の中で我々は、360°カメラであるQooCam 8K[®] (KANDAO Technology, 広東省, 中国) を用い、第3助手目線で基本的な外科手技を含む手術室の様子を撮影し、あたかも手術に参加しているかのような擬似体験ができる7分15秒間のVR教材を作成した (<https://youtu.be/jkJMQ6bZa-c>, Supplementary Figure S1)。医学教育での基本的な外科手技演習におけるVR活用の有効性を検討するため、今回我々は以下の二つの研究を行った。具体的には研究1として本学の肉眼解剖学実習におけ

るVR教材の効果と意義に関するアンケート調査、研究2としてひも倶楽部の学生を対象とした縫合セミナーにおけるVR教材の技術向上への関与についての解析を行った。前者は臨床実習前の本学2年生を対象として、VR映像で用いられる医療用語への理解やVR特有の臨場感や没入感が得られたか、さらに後者では本VR教材の技術向上への関与を調べることを目的とした。

【方法】

本研究は杏林大学医学部倫理委員会における承認を受けて実施した（承認番号：781）。

研究1 肉眼解剖学実習でのアンケート調査

本学2年次の肉眼解剖学実習における外科手技演習に出席し、本研究への参加に同意が得られた医学生122人を対象とした。対象者全員に対し作成したVR教材を視聴させ、Microsoft Formsによるアンケート調査に回答させた。質問項目の内容は、（1）VR教材における解説の言語（主に用語）が理解できたか、（2）手術の術者、助手、看護師の役割と連携が理解できたか、（3）実際に手術に参加しているような臨場感が得られたかで、非常にそう思う、そう思う、そう思わない、全くそう思わないの4段階で評

価した。それに加え（4）VR教材を用いた学習における利点や欠点、学習方法に関する意見などを自由形式で回答させた。なお、VR教材の視聴には本医学部教育資料のPICO G2 4K（PICO Ltd., 北京, 中国）を使用した。

研究2 縫合セミナーでの検証実験

縫合セミナーに参加し、本研究への参加に同意したひも倶楽部の学生計16人を対象とした。対象者をランダム化ソフトによりVR教材を視聴する群（VR群, 8人）と視聴しない群（non-VR群, 8人）の2群に振り分けた。また、縫合手技に関する技術評価は縫合手技評価シミュレーターM57B®（KYOTO-KAGAKU, 京都, 日本）（以下、縫合シミュレーターとする）を用いて行った（<https://youtu.be/nnDoDA0Ayzk>, Supplementary Figure S2）⁵⁾。

縫合セミナーの流れは以下の通りである（Figure 1）。1）セミナーの開始に先立ち、縫合シミュレーターの評価項目および方法について説明を行った後、縫合シミュレーターを用いた技術評価（プレテスト）を実施した。また、プレテスト終了後Visual Analog Scale（VAS, 0-10 cm）を用いた縫合技術に関するセルフアセスメントを行った。2）その次に、VR群のみ7分15秒間のVR教材の視聴時間

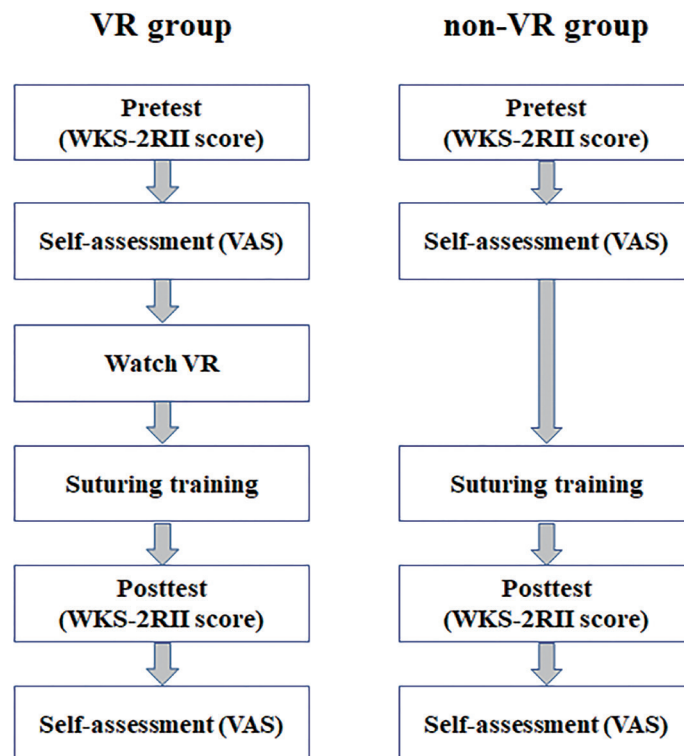


Figure 1. Flow of the suturing seminar

In this study, participants were divided into two groups: the VR group and the non-VR group. In both groups, a pretest and self-assessment were conducted before the intervention. Participants in the VR group performed suturing training after viewing the VR instructional materials, whereas participants in the non-VR group performed suturing training without VR viewing.

を設けた (<https://youtu.be/jkMQ6bZa-c>, Supplementary Figure S1)。

なお、VR教材の視聴にはMeta Quest 2[®] (Meta, カリフォルニア, 米国) を使用した。

3) 対象者には60分間の練習時間を設定し、その間必要に応じて計10分間の呼吸器外科医1名による技術指導を行った。

4) プレテストの際と同様に技術評価 (ポストテスト) を行い、修練前と同様にVASを用いたセルフアセスメントを行った。

なお、縫合シミュレーターは、専用の皮膚パッドに3針縫合することで、縫合手技を、時間、皮膚に加わる力、結紮力、縫合間隔、縫合幅、創離開の6項目で評価することができる。縫合は単純結節縫合とし、結紮は機械結びで行い、外科結びを許容した。

各評価項目の詳細は以下の通りである。

1) 時間: 3針縫合するのにかかった時間をスコアで示す。かかった時間が短いほど高得点となる。

2) 皮膚に加わった力: 縫合中に皮膚パッドにかかった力を示す。かかった力が小さいほど高得点となる。

3) 結紮力: 縫合による皮膚パッドの底面のスポンジの変形の程度が解析される。変形が少ないほど高得点となる。

4) 縫合間隔: 縫合と縫合の間隔 (ピッチ) が均等かを示し、均等であるほど高得点となる。

5) 縫合幅: 切開線を境として左右の刺入点との距離が均等かを示し、均等であるほど高得点となる。

6) 創離開: 縫合によって創が離開なく閉鎖されたかを評価し、離開した創の面積を測定し小さいほど高得点となる。6項目のスコアは自動計算でそれぞれ100点を上限として算出され、熟達度に応じた技術レベルの評価が可能であり、それらを基に総合スコアも100点を上限として算出される⁶⁾。このシミュレーターは早稲田大学と株式会社京都科学との共同研究により開発され、既に検証実験がなされ縫合技術の客観的技術評価が可能であると証明されている⁵⁾。

縫合技術のセルフアセスメントは、「難易度」、「総合的な能力」、「自信の程度」の3項目についてVAS (0-10 cm) を用いて評価した (スコアの高さは熟達度の自己評価である)。

全ての統計解析にはIBM SPSS Statistics v29.0.1を使用し、性別、利き手などのカテゴリーデータの比較はFisherの正確確率検定、2群間の年齢の比較は対応のないt検定を用いて行った。縫合シミュレーターの7項目は、Wilcoxon符号付順位和検定を行った。またセルフアセスメントの3項目に関しては、Mann-WhitneyのU検定で群間比較を行った。解析により得られた数値は、小数第2位で四捨五入し、 $p < 0.05$ で有意差ありとした。

【結果】

研究1

肉眼解剖学実習における外科手技演習に出席し、本研究への参加に同意した本学医学部2年生122人を対象とした。122人すべての対象者から回答が得られた。(1) VR教材における解説の言語 (主に用語) が理解できたかについて「非常にそう思う」と回答した学生は77人 (63%), 「そう思う」は37人 (30%), 「そう思わない」は6人 (5%), 「全くそう思わない」は2人 (2%) であった (Supplementary Figure S3)。(2) 手術の術者、助手、看護師の役割と連携が理解できたかについては「非常にそう思う」と回答した学生は56人 (46%), 「そう思う」は59人 (48%), 「そう思わない」は5人 (4%), 「全くそう思わない」は0人 (0%), 未回答が2人 (2%) であった (Supplementary Figure S4)。(3) 実際に手術に参加しているような臨場感が得られたかについては「非常にそう思う」と回答した学生は79人 (65%), 「そう思う」は36人 (30%), 「そう思わない」は6人 (5%), 「全くそう思わない」は1人 (1%) であった (Supplementary Figure S5)。自由回答形式の(4) VR教材を用いた学習における利点や欠点、学習方法などに関する意見について対象者122人中98人 (80%) から回答があった。その中でも本VR教材に対するポジティブな意見・感想は82人 (67%), ネガティブな意見・感想は39人 (32%) から得られた。ポジティブな意見の主な内容としては、臨場感を高く評価するが38人 (31%) で、ネガティブな意見の主な内容としては、術者の手元が小さく見えづらいが12人 (10%), また視聴による疲労や画面酔いが10人 (8%) であった。

研究2

縫合セミナーに参加した対象者の内訳は、性別がVR群で男性3人、女性5人、non-VR群男性3人、女性5人であった。平均年齢はVR群が 21.4 ± 2.5 歳、non-VR群が 21.5 ± 2.1 歳で、利き手はVR群が右7人、左1人、non-VR群が右6人、左2人であった。背景因子では両群に有意差を認めなかった (Table 1)。両群における縫合シミュレーターとVASスコアの比較をTable 2に示した。また、両群の縫合シミュレーターにおける各評価項目の平均値をレーダーチャートで示した (Supplementary Figure S6)。なお、以降の結果ではプレテストをブレ、ポストテストをポストと略す。時間では、VR群がブレ40.5点、ポスト49.9点、non-VR群がブレ42.1点、ポスト55.4点と両群でスコアは上昇した。皮膚にかかった力では、VR群がブレ40.3点、ポスト19.9点、non-VR群がブレ51.5点、ポスト48.3点と両群でスコアは低下した。結紮力では、VR群がブレ72.6点、ポスト38.6点、non-VR群がブレ84.9点、ポスト69.1点と

Table 1. Comparison of participant demographics between the VR group and the non-VR group

Variable	VR group	non-VR group	p value
Participants, n	8	8	1.000
Sex, n (%)			
Male	3 (38)	3 (38)	1.000
Female	5 (63)	5 (63)	
Age*	21.4 ± 2.5	21.5 ± 2.1	0.457
Handedness, n (%)			
Right	7 (88)	6 (75)	1.000
Left	1 (13)	2 (25)	

Between-group comparisons of categorical variables were performed using Fisher's exact test. Mean age between the two groups was compared using an unpaired t-test. *Mean ± SD

Table 2. Average Scores of the WKS-2RII and VAS in the basic suturing/ligature skills

Scale	VR			non-VR			VR vs non-VR
	Pre	Post	p value	Pre	Post	p value	p value
WKS-2RII score							
Time	40.5	49.9	0.484	42.1	55.4	0.069	
Force in tissue	40.3	19.9	0.176	51.5	48.3	0.889	
Judging tension	72.6	38.6	0.036*	84.9	69.1	0.116	
Equidistance	17.8	57.3	0.050*	26.1	48.1	0.028*	
Distance between sutures	75.6	83.6	0.310	70.3	85.4	0.107	
Wound dehiscence	43.5	87.5	0.036*	12.9	44.5	0.028*	
Total score	56.6	59.1	0.397	55.8	63.8	0.069	
VAS (0-10cm)							
Degree of difficulty (cm)	3.2	4.0		2.2	4.1		0.328
Overall competence (cm)	1.6	3.0		0.8	2.7		0.442
Self-confidence (cm)	0.9	2.5		0.4	1.5		1.000

Comparisons of pre- and post-intervention WKS-2RII scores were conducted using the Wilcoxon signed-rank test, while VAS scores between the two groups were analyzed using the Mann-Whitney U test. WKS-2RII; Waseda-Kyotokagaku Suture No. 2 Refined II, VAS; visual analogue scales, VR; virtual reality, Pre; pretest, post; posttest, *; P<0.05

両群でスコアが低下し、VR群でのみ有意差を認めた (P = 0.036)。縫合間隔では、VR群がプレ17.8点、ポスト57.3点、non-VR群がプレ26.1点、ポスト48.1点と両群でスコアが上昇し有意差がみられた (P = 0.050, P = 0.028)。縫合幅では、VR群がプレ75.6点、ポスト83.6点、non-VR群がプレ70.3点、ポスト85.4点と両群でスコアは上昇した。創離開では、VR群がプレ43.5点、ポスト87.5点、non-VR群がプレ12.9点、ポスト44.5点と両群でスコアが上昇し有意差を認めた (P = 0.036, P = 0.028)。総合スコアでは、VR群がプレ56.6点、ポスト59.1点、non-VR群がプレ55.8点、ポスト63.8点と両群でスコアは上昇した。縫合技術のセルフアセスメントでは、「難易度」はVR群がプレ3.2 cm、ポスト4.0 cm、non-VR群がプレ2.2 cm、ポスト4.1 cmと両群でスコアが上昇した。「総合的な能力」は、VR群がプレ1.6 cm、ポスト3.0 cm、non-VR群がプレ0.8 cm、ポスト2.7 cmと両群でスコアが上昇した。「自信の程度」は、VR群がプレ0.9 cm、ポスト2.5 cm、non-VR群がプレ0.4 cm、ポスト1.5 cmと両群でスコアが上昇した。

【考察】

近年VRは医療や教育分野において注目されており、本学では主に医学教育の中で感染症科や産婦人科で活用されている。特に、新型コロナウイルスの蔓延期では、感染症

防止の観点から臨床実習が制限され、医療現場で感染リスクを伴わない手段として注目された。実際にVR教材が、外科系臨床科の手術見学で、学習者の学習意欲を高めることが報告されている³⁾。ひも倶楽部でも対面での活動が制限される中、手術手技の体験を目的として今回のVR教材を作成した。

研究1の結果から本VR教材は、視聴により手術の術者、助手、看護師の役割と連携が理解でき、実際に視聴者が手術室にいるような没入感・臨場感が体験できることがわかった。また、手元が見えにくい点と視聴により疲労や画面酔いがある点について改善の余地があることが判明した。

研究2の結果では両群の各評価項目の変化はほぼ同様の傾向を示し、視聴の有無に関わらず時間、縫合間隔、縫合幅、創離開の項目で改善が見られた。しかしながら、両群におけるトレーニング前後の総合スコアの差分 (posttestスコア - pretestスコア) の比較では有意差を認めなかった (Supplementary Figure S7)。本研究では本VR教材が縫合技術を改善するという、我々の仮説を証明するほどの結果には至らなかった。むしろ皮膚に加わった力および結紮力の2項目において、プレからポストにかけて両群ともにスコアの平均値が低下していた。この原因は主に2つ考えられる。第一に、本研究の対象者の多くが縫合の初心者であったためである。皮膚に加わった力では、縫合中に皮

膚パッドへ加わる力の総量に応じて、減点方式によりスコアが算出される。また結紮力では、皮膚パッド底面に位置するスポンジの変形量を測定し、その変形が大きいほどスコアが低く算出される。縫合の初心者は持針器や鑷子を上手く扱えないが、1時間の練習を経ると器具の扱いに慣れ、より力強く操作できるようになったことが推測された。結果的に上記の2つの項目ではスコアが低下したものと考えた。もう一つの原因として、1時間の練習の際、対象者に対し注意点として創の深さを確認するため、鑷子で創を持ち上げるよう指導されたことが挙げられる。プレの段階ではこの操作を行った対象者はいなかったが、ポストの段階ではほとんどの対象者がこの操作を行った。この操作は実臨床では大変重要である一方、縫合シミュレーターでは加わった力の分だけ減点されるため、ポストではスコアが低下したことが考えられた。

Ganら⁴⁾は医学生117人を対象とし、VR教材で学ぶ群と従来の方法で学ぶ対照群へランダムに割り当て、腱縫合手技を学習させた。結果は、VR教材で学ぶ群でキャリア意識・学習習慣の向上、臨床実習評価の改善、OSCEでの技能向上が認められた。Moultonらは短期的な訓練よりも、時間を分散させて繰り返し練習する方が、技術の定着に効果的であると報告した⁷⁾。我々の検討では、教材の設計やサンプルサイズが小さいこと、そして練習時間が短いことなど複数の要因が影響し、有意な改善に至らなかった可能性が考えられた。今後、以上の点を踏まえて、本VR教材の有効な活用法を更に検討したい。

一方、Augmented Reality（以降ARとする）を活用した大変興味深い報告がある。Nagayoら⁸⁾は医学生を対象として縫合手技のセルフトレーニングにおけるARの教育効果を検討した。ランダムに振り分けられたARで学習した19人とビデオ動画で学習した19人のトレーニング前後のスコアを比較した。しかしながら、ARで学習した群において有意な技術の改善はみられなかった。ARやVRからえられる三次元的な情報や臨場感、視点操作の自由度といった「情報量の増加」は、複雑な手技を空間的に理解するうえで有用であると思われるものの、必ずしも直接的に技能向上には結びつかない可能性が考えられる。外科技術の習得における重要な点は、情報量そのものではなく、学習者が自身の手技と模範手技との差異を認識し、それをどのように改善すべきかを理解するプロセス、すなわちフィードバックに基づいた内省的学習であると考えられる⁹⁾。そして、熟練者と初心者の差異は単なる動作の違いだけでなく、判断基準、操作の意図といった手術に対する理解の深さにも起因する¹⁰⁾。したがって手技を習得する上で、単に模範手技を観察するだけでは不十分であり、「どこに注目すべきか」「自身の動作と何が異なるのか」「なぜその操作が選択されているのか」を考えることが重要であ

る。例えば、熟練者と学習者の動作や視線の差異をフィードバックするシステムや、手技中に注目すべき場所や操作の意図を提示する教材など、将来的にVRやAR教材は単なる視野を再現する装置ではなく、学習者の熟達レベルにあわせ習熟における理解に配慮した設計が望まれる。

なお本研究の限界として以下の2つが挙げられる。1つ目は、研究1におけるアンケート調査の対象集団が臨床実習前の低学年であったことである。本学では1年次より数日間の病院内実習があるが未経験のことが多く、手術場でのVR映像は新鮮であり比較的に好意的な回答がえられることが予想される。2つ目は研究2における60分間の練習中に行われた計10分間の指導者の介入によるバイアスの影響である。対象者の多くが初心者であったため縫合技術の熟達度にばらつきがあり、それらに合わせて指導内容も対象者によりいくらか異なっていた。また練習時間を1時間とした明確な根拠は存在しないため、今後は指導内容や練習時間など更なる研究方法の改善が必要である。

【結論】

本VR教材は、手術の術者、助手、看護師の役割と連携が理解でき、実際に多くの視聴者に手術室にいるような没入感・臨場感をもたらした。しかし、手元が見えづらい点と視聴による疲労や画面酔いがある点については改善の余地があると考ええる。また、単回の視聴により、外科手技の技術の向上が確認できなかったため、今後は長期的な視点からの教育効果の検証が必要と考える。

Supplementary Material (Supplementary Figure S1-S7)
https://www.kyorin-u.ac.jp/univ/user/kyorinms/journal/pdf/57/57_supplementary01.pdf

【謝辞】

ひも倶楽部の活動の際、常日頃ご支援をいただいている杏林大学医学部付属病院総合研修センターの皆様、そして医学教育学教室の富田泰彦先生に深謝いたします。なお、本研究は2024年度杏林医学会研究助成金（C.研究活動指導助成金KMS2024C01）の助成を受けた。

【利益相反】

本論文に関して、開示すべき利益相反はありません。

【引用文献】

- 1) 藤原道隆. VR外科シミュレーターを用いたスキルトレーニング. Medical Imaging Technology 2024; 42: 43-49.
- 2) Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. Cochrane Database Syst Rev. 2017; 11: CD008349.

- 3) 進士誠一, 横堀繁司, 清水哲也, 神田知洋, 林光希, 安康勝喜, 吉田寛. Virtual Reality技術を活用した外科系臨床実習. 日本医科大学医学会雑誌 2022; 18: 98-104.
- 4) Gan W, Mok TN, Chen J, She G, Zha Z, Wang H, Li H, Li J, Zheng X. Researching the application of virtual reality in medical education: one-year follow-up of a randomized trial. BMC Med Educ 2023; 23: 3.
- 5) Solis J, Oshima N, Ishii H, Matsuoka N, Hatake K, Takanishi A. Towards understanding the suture/ligature skills during the training process using WKS-2RII. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery 2008; 3: 231-239.
- 6) Oshima N, Solis J, Ishii H, Matsuoka N, Hatake K, Takanishi A. Acquisition of quantitative data for the detailed analysis of the suture/ligature tasks with the WKS-2R. 6th International Special Topic Conference on ITAB 2007; 107-110.
- 7) Moulton CA, Dubrowski A, Macrae H, Graham B, Grober E, Reznick R. Teaching surgical skills: what kind of practice makes perfect?: a randomized, controlled trial. Ann Surg. 2006; 244: 400-409.
- 8) Nagayo Y, Saito T, Oyama H. Augmented reality self-training system for suturing in open surgery: A randomized controlled trial. Int J Surg. 2022; 102: 106650.
- 9) Phillips AW, Matthan J, Bookless LR, Whitehead IJ, Madhavan A, Rodham P, Porter ALR, Nesbitt CI, Stansby G. Individualised Expert Feedback is Not Essential for Improving Basic Clinical Skills Performance in Novice Learners: A Randomized Trial. J Surg Educ. 2017; 74: 612-620.
- 10) Korovin LN, Farrell TM, Hsu CH, White M, Ghaderi I. Surgeons' expertise during critical event in laparoscopic cholecystectomy: An expert-novice comparison using protocol analysis. Am J Surg. 2020; 219: 340-345.

J Kyorin Med Soc 57 (3): 105 ~ 111, 2026

A questionnaire survey and randomized controlled study on the educational effects of virtual reality in suturing skills laboratories for medical students

Tomohiro Sano¹⁾, Ryota Tanaka²⁾, Ryuto Senoh³⁾,
Kotaroh Hattori⁴⁾, Masaki Nishimaki¹⁾, Natumi Ueshima⁵⁾,
Ruriko Hiki⁵⁾, Ryo Kaneda⁶⁾, Yoko Nakazato²⁾,
Yohei Kojima⁷⁾, Setsuko Eto⁸⁾, Munehisa Ohtani⁹⁾,
Miki Nagase¹⁰⁾

1) Kyorin University School of Medicine (fourth-year student), Tokyo, Japan

2) Department of Thoracic and Thyroid Surgery, Kyorin University, Tokyo, Japan

3) Kyorin University School of Medicine (second-year student), Tokyo, Japan

4) Kyorin University School of Medicine (third-year student), Tokyo, Japan

5) Kyorin University School of Medicine (fifth-year student), Tokyo, Japan

6) Kyorin University School of Medicine (sixth-year student), Tokyo, Japan

7) Department of Gastroenterological and General Surgery, Kyorin University, Tokyo, Japan

8) Department of Medical Education, Kyorin University, Tokyo, Japan

9) Department of Physics, Kyorin University, Tokyo, Japan

10) Department of Anatomy, Kyorin University, Tokyo, Japan

Virtual reality (VR) has been increasingly applied in the field of medical education. In this study, we examined the usefulness of VR educational materials for medical training using surgical field videos recorded with a 360° camera. In Study 1, 122 second-year medical students viewed the VR materials during a gross anatomy practical course and completed a questionnaire survey. The results showed that approximately 90% of students highly appreciated their understanding of the roles of the surgeon, assistant, and nurse, as well as the deep immersion and sense of realism provided by the VR experience. However, poor visibility of the surgeon's hand movements and fatigue associated with prolonged

viewing were identified as issues. In Study 2, 16 students who participated in a suturing seminar were divided into a VR group and a non-VR group, and their suturing skills were evaluated. Both groups showed improvement in technical performance after training. However, there was no significant difference between the two groups in terms of technical assessment. These findings suggest that VR materials can enhance understanding and provide a strong sense of realism, but the effect on skill improvement from a single, short-term viewing was limited. Therefore, future studies examining repetitive VR-based training should be considered necessary.