Development Strategies in Medical Education

Summer 2023. Vol 10. Issue 2

Review Paper

The Learning Curves of Virtual Reality-based Training in Obstetrics and Gynecology: A Systematic Review

Samira Katebi[1], Tayyebeh Zarei[2], Mehrdad Sayadinia[3], Majid Vatankhah[2], Pourya Adibi[2], Mehrdad Malekshoar[2], Shahram Shafa[4], *Mansour Deylami[5]

1. Department of Midwifery, School of Nursing and Midwifery, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.
2. Department of Anesthesiology, Critical Care and Pain Management Research Center, Faculty of Medicine, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.
3. Department of Surgery, Faculty of Medicine, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.
4. Department of Orthopedics, Jahrom University of Medical Sciences, Jahrom, Iran.
5. Department of Anesthesiology and Critical Care, Faculty of Medicine, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Katebi S, Zarei T, Sayadinia M, Vatankhah M, Adibii P, Malekshoar M, et al. [The Learning Curves of Virtual Reality-based Training in Obstetrics and Gynecology: A Systematic Review (Persian)]. Development Strategies in Medical Education. 2023; 10(2):100-113. https://doi.org/10.32598/DSME.10.2.561.2

https://doi.org/10.32598/DSME.10.2.561.2

Article Info:

Received: 23 Feb 2023

Accepted: 16 May 2023

Available Online: 01 July 2023

Key words:
Virtual reality, Learning curve, Obstetrics and gynecology, Education

ABSTRACT

Background Learning curves are essential in understanding skill acquisition and improvement, especially in complex medical procedures such as obstetrics and gynecology. Simulation training through virtual reality (VR) offers a promising way to enhance surgical skills in obstetrics and gynecology. This study aims to review studies that have used VR simulation for obstetrics and gynecology education and examined its learning curves.

Methods This is a systematic review study that was conducted according to the PRISMA guidelines. A search was conducted using the keywords virtual reality, learning curve, gynecology & obstetrics in online databases including PubMed/MEDLINE, Embase, Web of Science, Scopus, Cochrane library, Google Scholar, SID, MagIran, and Elmnet for relevant studies published until March 2024. Selected studies underwent data extraction and quality assessment. Quantitative synthesis involved pooling or combining data to draw a composite learning curve.

Results Twelve studies were included in the review, which included participants with various skill levels from novice to expert. VR simulations significantly improved the performance. Experienced surgeons consistently outperformed novices. Learning curves differed significantly between novices and experts. Novices showed significant improvements with the increase of iterations, especially after the second to sixth iterations, while experts showed shorter learning curves, with improvements occurred much earlier, indicating their higher baseline skills. The composite learning curve depicted performance improvement with increasing iterations, peaking at 84.01% at the fifth iteration, indicating effective skill acquisition over time, albeit with potential fluctuations or leveling off thereafter.

Conclusion VR offers a promising platform for increasing surgical skills in obstetrics and gynecology, with favorable learning curves showing significant improvements over time, especially among novices.

Corresponding Author:
Mansour Deylami, Assistant Professor.
Address: Department of Anesthesiology and Critical Care, Faculty of Medicine, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran.
Tel: +98 (911) 1713017
E-mail: mansour.deylami@gmail.com

Copyright © 2024 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Extended Abstract

Introduction

Educational approach enhances the acquisition of skills and knowledge in clinical areas while providing a safe environment for practitioners without compromising patient safety [4]. Virtual reality (VR) plays an important role in simulation-based medical education, providing innovative teaching methods and increasing learning experiences. VR simulations provide a safe environment for medical students and professionals to practice various procedures including surgical techniques and emergency scenarios without compromising patient safety [6]. These simulations are more accessible, repeatable, and cost-effective compared to traditional face-to-face simulation training, making them increasingly popular [6, 7]. VR-based surgical simulators improve traditional training methods by providing realistic scenarios for endoscopy, laparoscopy, and other gynecological procedures [10]. Moreover, these simulators differentiate between surgical skill levels among female residents, indicating their potential to improve surgical competencies [13].

Understanding the learning curve associated with VR-based training is critical to optimizing its effectiveness and ensuring proficiency among learners. A learning curve refers to the path of skill acquisition and performance improvement over time as individuals engage with a new technology or learning method. Learning curves are often shown graphically with time or experience on the X-axis and performance or skill improvement on the Y-axis. In VR-based training, the learning curve includes evaluating the speed of learners in understanding the necessary skills, moving in the virtual environment, and achieving competence in different methods. While VR offers exciting opportunities for obstetrics and gynecology education, the learning curve associated with this technology is not yet well understood. By reviewing studies that have evaluated the learning curve of VR-based training in obstetrics and gynecology, we aim to provide information on the efficiency, effectiveness, and challenges associated with integrating VR into obstetrics and gynecology educational curricula.

Methods

This is a systematic review study that was conducted according to the PRISMA guidelines. The search was conducted in online databases including PubMed/MEDLINE, Embase, Scopus, and Cochrane Library, SID, MagIran and Elment, and Google Scholar to identify relevant studies published until March 2024 (without time limit) using the keywords related to virtual reality, learning curve, and obstetrics and gynecology based on the MeSH terms and using Boolean operators (OR, AND). In addition, reference section of relevant articles was manually searched for finding more articles. Studies that had used the learning curve in obstetrics and gynecology and published in English or Persian were included. Titles and abstracts of retrieved articles were first independently screened by two authors. Full-text articles of relevant articles were then assessed for eligibility. Disagreements in article selection were resolved through discussion or consultation with the third author. A standardized data extraction form was designed to extract relevant information from the included articles. Data on study characteristics (e.g., design, population, intervention), outcomes related to learning curve assessment, and key findings were extracted from the articles.

Results

The initial search yielded 785 records. After removing duplicates, 620 remained for screening. After screening by title and abstract, full-texts of 78 articles were screened for eligibility. Finally, 12 studies [18-29] met the inclusion criteria and were included in the systematic review. The studies included participants with various skill levels, from novice to expert. Results showed that experienced surgeons performed better than novices in using VR simulators. VR simulation significantly improved performance and reduced the performance gap between different skill levels. Novices showed significant improvements by increasing iterations, especially after the second to sixth iterations, while experts showed shorter learning curves, with improvements occurred much earlier (in the second iteration).

Conclusion

Overall, the results of studies highlight a positive correlation between experience and performance, with fluctuations indicating the need for ongoing practice and modifications to maintain and strengthen acquired skills. VR simulation offers a promising platform for increasing skill acquisition over time in obstetrics and gynecology education compared to traditional training methods. However, the exact point at which the plateau phase of skill acquisition occurs, varies depending on the specific criteria and training sessions.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This is review study. No experiments on human or animal samples were conducted. All publications ethics such as avoiding plagiarism were considered.

Funding

This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' contributions

The authors contributed equally to preparing this article

Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest.

مقاله مروری

منحنی یادگیری واقعیت مجازی در آموزش جراحی‌های زنان و زایمان: یک مطالعه مرور سیستماتیک

سمیرا کاتبی[۱]، طیبه زارعی[۲]، مهرداد صیادی‌نیا[۲]، مجید وطن خواه[۲]، پوریا ادیبی[۲]، مهرداد ملک‌شعار[۲]، شهرام شفا[۴]، *منصور دیلمی[۵]

۱. گروه مامایی، دانشکده پرستاری و مامایی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.
۲. گروه بیهوشی، مرکز تحقیقات بیهوشی، مراقبت ویژه و کنترل درد، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۳. گروه جراحی عمومی، مجتمع آموزشی، درمانی و پژوهشی پیامبر اعظم(ص)، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۴. گروه ارتوپدی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جهرم، جهرم، ایران.
۵. استادیار گروه بیهوشی و مراقبت‌های ویژه، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Katebi S, Zarei T, Sayadinia M, Vatankhah M, Adibii P, Malekshoar M, et al. [The Learning Curves of Virtual Reality-based Training in Obstetrics and Gynecology: A Systematic Review (Persian)]. Development Strategies in Medical Education. 2023; 10(2):100-113. https://doi.org/10.32598/DSME.10.2.561.2

https://doi.org/10.32598/DSME.10.2.561.2

اطلاعات مقاله:
تاریخ دریافت: ۰۴ اسفند ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۲۶ اردیبهشت ۱۴۰۲
تاریخ انتشار: ۱۰ تیر ۱۴۰۲

چکیده

مقدمه منحنی‌های یادگیری در درک کسب مهارت و توسعه مهارت، به‌ویژه در جراحی‌های پیچیده پزشکی مانند زنان و زایمان ضروری است. آموزش شبیه‌سازی‌شده ازطریق واقعیت مجازی یک راه امیدوارکننده برای تقویت مهارت‌های جراحی در زنان و زایمان ارائه می‌دهد. هدف از این مقاله، مرور مطالعاتی است که این روش‌های جراحی را با استفاده از واقعیت مجازی تدریس کرده‌اند و به بررسی منحنی یادگیری آن پرداخته‌اند.

روش‌ها در مطالعه حاضر، مرور سیستماتیک با پیروی از دستورالعمل‌های PRISMA انجام شد. جست‌وجوها با استفاده از کلمات کلیدی واقعیت مجازی، منحنی یادگیری و زنان و زایمان در پایگاه‌های اطلاعاتی اسکوپوس، وب‌آوساینس، امبیس، مدلاین و پابمد و کتابخانه کاکرین و پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، مگیران، علم‌نت و موتور جست‌وجوگر گوگل‌اسکالر تا فروردین ۱۴۰۳ (بدون محدودیت زمانی) انجام شد. مطالعات واجد شرایط تحت انتخاب، استخراج داده‌ها و ارزیابی کیفیت قرار گرفتند. سنتز کمی شامل ادغام و میانگین‌گیری داده‌ها برای ترسیم منحنی یادگیری ترکیبی بود.

یافته‌ها مرور سیستماتیک شامل ۱۲ مطالعه با تمرکز بر اعتبار، قابلیت اطمینان و نتایج یادگیری شبیه‌سازهای واقعیت مجازی در آموزش جراحی زنان بود که شامل شرکت‌کنندگانی از مبتدی تا متخصص می‌شد. جراحان باتجربه با شبیه‌سازی واقعیت مجازی که بهبود قابل‌توجهی را در عملکرد ایجاد می‌کند، به‌طور مداوم از افراد تازه‌کار بهتر عمل می‌کردند. منحنی‌های یادگیری به‌طور قابل‌توجهی بین افراد تازه‌کار و متخصص متفاوت بود. تازه‌کارها پیشرفت‌های قابل‌توجهی نسبت به تکرارها نشان می‌دهند که اغلب بعد از تکرارهای دوم تا ششم افزایش می‌یابد. برعکس، متخصصان منحنی‌های یادگیری کوتاه‌تری را نشان دادند که خیلی زودتر در آن‌ها صعود رخ می‌داد که نشان‌دهنده سطح مهارت پایه بالاتر است. منحنی یادگیری، تلفیقی از روند واضحی از بهبود عملکرد با افزایش تکرارها را به تصویر می‌کشد که به اوج ۸۴/۰۱ درصد در تکرار پنجم می‌رسد که نشان‌دهنده کسب مهارت مؤثر در طول زمان (البته با نوسانات بالقوه یا افزایش سطح پس از آن) است.

نتیجه‌گیری درنتیجه، واقعیت مجازی یک پلتفرم امیدوارکننده برای افزایش مهارت‌های جراحی در زنان و زایمان ارائه می‌کند. همچنین منحنی‌های یادگیری مناسبی ارائه می‌کند که نشان‌دهنده پیشرفت‌های قابل‌توجهی نسبت به تکرارها، به‌ویژه در میان تازه‌کاران است.

کلیدواژه‌ها:
واقعیت مجازی، منحنی یادگیری، زنان و زایمان، آموزش

* نویسنده مسئول:
دکتر منصور دیلمی
نشانی: گرگان، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، دانشکده پزشکی، گروه بیهوشی و مراقبت‌های ویژه.
تلفن: ۱۷۱۳۰۱۷ (۹۱۱) ۹۸+
پست الکترونیکی: mansour.deylami@gmail.com

Copyright © 2024 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

مقدمه

آموزش رشته زنان و زایمان به‌طور قابل‌توجهی در طول زمان، با تغییرات در برنامه درسی و استانداردهای آموزشی، تکامل یافته است [۱]. اولین بخش زنان و زایمان در دانشگاه سملوایس در بوداپست مجارستان دارای سابقه ای ۲۰۰ ساله است [۲]. در سال ۲۰۲۲ در مجارستان، ۲۰۴۴ متقاضی برای صندلی‌های دستیاری زنان و زایمان وجود داشت که برای ۱۵۰۳ محل دردسترس رقابت می‌کردند که نتیجه آن نسبت ۱/۳۶ متقاضی به ازای هر موقعیت بود [۳]. بسیاری از برنامه‌های رزیدنتی زنان و زایمان شبیه‌سازی را در برنامه درسی خود ادغام می‌کنند. آموزش شبیه‌سازی‌شده نقش مهمی در آموزش مامایی و زنان ایفا می‌کند. این رویکرد آموزشی کسب مهارت و دانش را در زمینه‌های بالینی افزایش می‌دهد و درعین‌حال محیطی امن را برای تمرین‌کنندگان بدون به خطر انداختن ایمنی بیمار فراهم می‌کند [۴]. دانشکده‌های پزشکی آموزش شبیه‌سازی را در برنامه آموزشی دانشجویان، به‌ویژه دانشجویان مامایی و زنان گنجانده‌اند [۵].

واقعیت مجازی نقش مهمی در آموزش شبیه‌سازی، ارائه روش‌های آموزشی نوآورانه و افزایش تجارب یادگیری در حوزه پزشکی دارد. شبیه‌سازی‌های واقعیت مجازی محیطی امن را برای دانشجویان و متخصصان پزشکی فراهم می‌کند تا روش‌های مختلف ازجمله تکنیک‌های جراحی و سناریوهای اضطراری را بدون به خطر انداختن ایمنی بیمار تمرین کنند [۶]. این شبیه‌سازی‌ها در مقایسه با آموزش شبیه‌سازی حضوری سنتی دردسترس، قابل‌تکرار و مقرون‌به‌صرفه هستند [۶، ۷]. محققان در حال انجام مطالعات و بررسی‌هایی برای ارزیابی اثربخشی و مزایای واقعیت مجازی در آموزش پزشکی، مقایسه آن با روش‌های شبیه‌سازی سنتی و بررسی پتانسیل آن در تخصص‌های مختلف پزشکی هستند [۷-۹]. فناوری واقعیت مجازی[1] آموزش شبیه‌سازی در مامایی و زنان را متحول کرده است و تجربیات آموزشی همه‌جانبه را برای روش‌های مختلف ارائه می‌دهد. شبیه‌سازهای جراحی مبتنی بر واقعیت مجازی، روش‌های آموزشی سنتی را با ارائه سناریوهای واقع‌بینانه برای جراحی آندوسکوپی، لاپاراسکوپی و سایر روش‌های زنانه بهبود می‌بخشند [۱۰].

مطالعات پتانسیل شبیه‌سازی واقعیت مجازی را در افزایش مهارت‌های فنی و ارزیابی امکان‌سنجی روش‌های جراحی بررسی می‌کنند [۱۱]. مطالعات مختلفی کارایی آموزش شبیه‌سازی واقعیت مجازی در لاپاراسکوپی را مورد بحث قرار می‌دهند و بر نقش آن در حمایت از آموزش و ارزیابی در روش‌های زنان تأکید می‌کنند [۱۲]. علاوه‌براین، شبیه‌سازهای واقعیت مجازی بین سطوح مهارت جراحی در میان دستیاران زنان تمایز قائل می‌شوند که نشان‌دهنده پتانسیل آن‌ها برای بهبود شایستگی‌های جراحی است [۱۳].

منحنی یادگیری، یک ابزار آموزشی است و به میزانی اشاره دارد که کاربران در طول زمان مهارت یا شایستگی در استفاده از ابزار را کسب می‌کنند. معمولاً رابطه بین میزان تجربه یا تمرین یک کاربر با ابزار و عملکرد یا سطح مهارت آن‌ها را نشان می‌دهد [۱۴-۱۷]. منحنی‌های یادگیری اغلب به‌صورت گرافیکی با زمان یا تجربه در محور افقی و عملکرد یا مهارت در محور عمودی نشان داده می‌شوند. در مراحل اولیه استفاده از ابزار، کاربران ممکن است با آشنایی با ویژگی‌ها، رابط کاربری و عملکرد آن، منحنی یادگیری شدیدی را تجربه کنند. در طول این مرحله، کاربران ممکن است با درک اصول اولیه ابزار، پیشرفت سریعی داشته باشند. پس از مرحله شیب‌دار اولیه، ممکن است دوره‌ای وجود داشته باشد که سرعت بهبود کاهش یابد و درنتیجه در منحنی یادگیری یک پلاتو ایجاد شود. این مرحله زمانی رخ می‌دهد که کاربران دانش و مهارت‌های خود را تثبیت می‌کنند و درک خود از ابزار و کاربردهای آن را اصلاح می‌کنند [۱۴-۱۷].

فناوری واقعیت مجازی به‌عنوان یک مدل آموزشی امیدوارکننده در مامایی و زنان ظهور کرده است که تجربیات یادگیری همه‌جانبه و تعاملی را ارائه می‌دهد. بااین‌حال، درک منحنی یادگیری مرتبط با آموزش واقعیت مجازی برای بهینه‌سازی اثربخشی آن و اطمینان از مهارت در بین فراگیران بسیار مهم است. منحنی یادگیری به مسیر کسب مهارت و بهبود عملکرد در طول زمان اشاره دارد، زیرا افراد با یک فناوری جدید یا روش یادگیری درگیر می‌شوند. درزمینه آموزش واقعیت مجازی در زنان و زایمان، کاوش در منحنی یادگیری، شامل ارزیابی سرعت فراگیران در درک مهارت‌های لازم، حرکت در محیط مجازی و دستیابی به شایستگی در روش‌های مختلف است. منطق این مطالعه از این شناخت ناشی می‌شود که درحالی‌که واقعیت مجازی فرصت‌های هیجان‌انگیزی برای آموزش زنان و زایمان ارائه می‌دهد، منحنی یادگیری مرتبط با این فناوری هنوز به‌خوبی شناخته نشده است. با مرور مطالعاتی که منحنی یادگیری آموزش واقعیت مجازی را در زنان و زایمان ارزیابی کرده‌اند، هدف ما ارائه اطلاعات درمورد کارایی، اثربخشی و چالش‌های مرتبط با ادغام واقعیت مجازی در برنامه‌های درسی آموزشی است.

مواد و روش‌ها

این یک مرور متون سیستماتیک با پیروی از دستورالعمل‌های PRISMA با هدف ارزیابی منحنی یادگیری واقعیت مجازی در روش‌های زنان و زایمان بود. جست‌وجوها برای شناسایی مطالعات مرتبط انجام شد. پایگاه‌های اطلاعاتی اسکوپوس[2]، وب‌آوساینس[3]،

1. Virtual Reality (VR)

2. Scopus

3. Web of Science

امبیس[4]، مدلاین[5] و پابمد[6] و کتابخانه کاکرین[7] و پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی[8]، مگیران[9] و علمنت و موتور جست‌وجوگر گوگل‌اسکالر[10] از ابتدا تا فروردین ۱۴۰۳ (بدون محدودیت زمانی) جست‌وجو شدند. استراتژی جست‌وجو ترکیبی از کلمات کلیدی و عناوین موضوع پزشکی (مش[11]) و کلمات کلیدی مرتبط با واقعیت مجازی، منحنی یادگیری زنان و زایمان بود. استراتژی جست‌وجوی پابمد به شرح زیر است:

("Virtual reality" OR VR) AND ("obstetrics" OR "gynecology" OR "OB/GYN" OR "obstetric surgery" OR "gynecologic surgery" OR "laparoscopic surgery" OR "hysteroscopy surgery" OR "cesarean section" OR "endometrial ablation" OR "colposcopy" OR "hysterectomy" OR "myomectomy" OR "pelvic organ prolapse surgery") AND ("learning curve" OR "skill acquisition" OR "proficiency assessment")

علاوه‌براین، فهرست‌های مرجع مقالات مرتبط و بررسی‌های سیستماتیک برای مطالعات بیشتر به‌صورت دستی جست‌وجو شدند.

معیارهای واجد شرایط بودن

مطالعاتی که برای آموزش روش‌های زنان و زایمان[12] تجزیه‌وتحلیل آماری منحنی یادگیری انجام داده بودند، وارد مطالعه شدند. مطالعات زبان فارسی و انگلیسی در مطالعات مرور سیستماتیک گنجانده شد.

فرایند انتخاب

عناوین و چکیده مقالات بازیابی‌شده به‌طور مستقل توسط ۲ داور باتوجه‌به معیارهای ورود و خروج از پیش تعریف‌شده غربالگری شدند. متن کامل مطالعات بالقوه مرتبط به دست آمد و بیشتر برای واجد شرایط بودن ارزیابی شد. اختلاف در انتخاب مطالعه ازطریق بحث یا مشورت با یک بازبین سوم حل شد. یک فرم استاندارد استخراج داده برای گرفتن اطلاعات مربوطه از مطالعات گنجانده‌شده ایجاد شد. داده‌ها درمورد ویژگی‌های مطالعه (به‌عنوان مثال، طراحی مطالعه، جمعیت، مداخله)، نتایج مربوط به ارزیابی منحنی یادگیری و یافته‌های کلیدی استخراج شدند.

4. Embase
5. Medline
6. PubMed
7. Cochrane Library
8. Scientific Information Database (SID)
9. Magiran
10. Google Scholar
11. Mesh
12. OB/GYN

ارزیابی کیفی

ابزارهای ارزیابی انتقادی مؤسسه جوآنا بریگز برای استفاده در چک‌لیست مرورهای سیستماتیک[13] برای مطالعات کوهورت برای ارزیابی کیفیت در این مطالعه استفاده شدند. مطالعات ازنظر اعتبار داخلی و خارجی برای تعیین قدرت شواهد مورد ارزیابی قرار گرفتند. اختلاف در ارزیابی کیفیت ازطریق بحث یا مشورت با بازبین سوم حل شد.

ترکیب شواهد

برای ادغام کمی منحنی‌های یادگیری، داده‌های هر منحنی یادگیری استخراج و در یک منحنی جدید ادغام شد. نمودار تلفیقی جدید براساس نتایج میانگین رسم شد.

یافته‌ها

با جست‌وجوی جامع پایگاه‌های اطلاعاتی مربوطه درمجموع ۷۸۵ رکورد به دست آمد. پس از حذف موارد تکراری، ۶۲۰ رکورد منحصربه‌فرد برای غربالگری باقی ماند. در ادامه فرایند غربالگری براساس عنوان و چکیده، ۷۸ مقاله ازنظر واجد شرایط بودن ارزیابی شدند. متعاقباً، ۱۲ مطالعه [۱۸-۲۹] معیارهای ورود را داشتند و در مرور سیستماتیک قرار گرفتند. فرایند انتخاب در نمودار جریان PRISMA خلاصه شده است (تصویر شماره ۱) که جریان انتخاب مقالات را در هر مرحله از بررسی نشان می‌دهد.

نتایج توصیفی

همان‌طور که در جدول شماره ۱ نشان داده شده است، مطالعات شامل بررسی سیستماتیک ما با هدف بررسی جنبه‌های مختلف مربوط به اعتبار، قابلیت اطمینان و نتایج یادگیری شبیه‌سازهای واقعیت مجازی در آموزش جراحی زنان است. این اهداف شامل ایجاد شواهد اعتبار برای آزمون‌های مبتنی بر شبیه‌سازی، بررسی اعتبار سازه و منحنی‌های یادگیری شبیه‌سازهای واقعیت مجازی خاص، ارزیابی افزایش مهارت و نگهداری، ارزیابی اعتبار برنامه، توسعه برنامه‌های درسی آموزشی، کاوش در منحنی‌های یادگیری، تعیین اعتبار سازه ازطریق سیستم‌های امتیازدهی جدید و اعتبارسنجی است. شبیه‌سازهایی برای ارزیابی مهارت‌های روانی‌حرکتی و ارزیابی شبیه‌ساز در حین ترسیم بار شناختی بود. شرکت‌کنندگان در مطالعات واردشده به‌طور گسترده‌ای متفاوت بودند، شامل جراحان تازه‌کار و باتجربه زنان و زایمان، کارآموزان زنان و زایمان، دانشجویان پزشکی، متخصصان سونوگرافی، رزیدنت‌های جوان، مبتدیان سونوگرافی و متخصصان زنان و زایمان. به‌طور خاص، شرکت‌کنندگان از جراحان رباتیک مبتدی در برنامه‌های آموزشی زنان و زایمان، دانشجویان پزشکی تازه‌کار

13. Joanna Briggs Institute (JBI)

جدول ۱. ویژگی‌های مطالعات انتخاب‌شده

شناسه مطالعه	طرح	هدف	شرکت‌کنندگان	تنظیمات واقعیت مجازی	موضوع آموزش	تکرارها	معیارهای ارزیابی‌شده
هاوگارد و همکاران (۲۰۱۸) [۱۸]	مطالعه کوهورت آینده نگر غیرتصادفی	اعتبار یک آزمون مبتنی بر شبیه‌سازی برای شایستگی رویه‌ای در جراحی رباتیک	۱۱ جراح تازه‌کار زنان ـ ۱۱ جراح رباتیک زنان باتجربه	شبیه‌ساز واقعیت مجازی: ماژول بسته شدن کاف واژن با هدایت	مهارت‌های جراحی رباتیک ـ بستن کاف واژن	۶	معیارهای شبیه‌ساز برای صلاحیت رویه‌ای
لارسن و همکاران (۲۰۰۶) [۱۹]	مطالعه کوهورت آینده‌نگر غیرتصادفی	بررسی اعتبار سازه شبیه‌ساز LapSimGyn، واقعیت مجازی تعیین منحنی‌های یادگیری	۳۲ کارآموز و متخصص زنان و زایمان	شبیه ساز LapSimGyn VR	مهارت‌های اولیه و پیشرفته لاپاراسکوپی	۱۰	زمان، اقتصاد حرکت، پارامترهای خطای اندازه‌گیری‌شده توسط شبیه‌ساز
شث و همکاران (۲۰۱۴) [۲۰]	مطالعه کوهورت آینده‌نگر غیرتصادفی	منحنی‌های یادگیری کارآموزان زنان در شبیه‌ساز مهارت‌های واقعیت مجازی داوینچی	جراحان رباتیک تازه‌کار از یک برنامه آموزشی زنان	شبیه‌ساز مهارت‌های داوینچی	مهارت‌های جراحی رباتیک ـ تمرینات مختلف در شبیه‌ساز	۱۰ تکرار	زمان تا اتمام، صرفه‌جویی در حرکت، نیروی بیش از حد، برخورد، محدوده فضای کاری اصلی، اهداف ازدست‌رفته، انرژی استفاده نادرست، خطاهای بحرانی، امتیاز کلی
مدسن و همکاران (۲۰۱۴) [۲۱]	مطالعه تجربی	ارزیابی اعتبار، قابلیت اطمینان، اندازه‌گیری‌های عملکرد، توسعه استانداردها و کشف منحنی‌های یادگیری برای شبیه‌ساز واقعیت مجازی برای معاینه اولتراسوند زنان واژینال	۱۶ تازه کار سونوگرافی ۱۲ مشاور زنان و زایمان	شبیه‌ساز اولتراسوند با کیفیت بالا	معاینه سونوگرافی ترانس واژینال زنان	۲ اجرا و سپس آموزش تا رسیدن به سطح کارشناسی	معیارهای معتبر و قابل‌اعتماد از شبیه‌ساز اولتراسوند با وفاداری بالا
لامبلین و همکاران (۲۰۲۰) [۲۲]	مطالعه کوهورت آینده‌نگر غیرتصادفی	ارزیابی افزایش مهارت و حفظ با شبیه‌سازی واقعیت مجازی سالپنژکتومی لاپاروسکوپی در همکاران جراحی زنان	۲۶ دانشجوی جوان (≥۳ ترم کارآموزی)	شبیه‌ساز واقعیت مجازی LapSim®	سالپنژکتومی لاپاراسکوپیک	۳ آزمایش در جلسه ۱، ۳ آزمایش در جلسه ۲	زمان عمل، از دست دادن خون، ارزیابی‌های ذهنی، ارزیابی عینی جراح ارشد
کروچت و همکاران (۲۰۱۷) [۲۳]	مطالعه کوهورت آینده‌نگر غیرتصادفی	ارزیابی اعتبار برنامه‌ای که مؤلفه‌های کلیدی هیسترکتومی لاپاروسکوپی را روی یک شبیه‌ساز واقعیت مجازی تکرار می‌کند و یک برنامه درسی آموزشی	۴۰ شرکت‌کننده	شبیه‌ساز واقعیت مجازی با کیفیت بالا	هیسترکتومی لاپاراسکوپیک	مشخص نشده است	زمان، تعداد حرکات، طول مسیر، زمان بیکاری، احترام به بافت، تعداد صدمات مثانه
باجکا و همکاران (۲۰۱۰) [۲۴]	مطالعه کوهورت آینده‌نگر غیرتصادفی	تعیین اعتبار سازه برای شبیه‌ساز آموزشی HystSim VR برای هیستروسکوپی ازطریق یک سیستم امتیازدهی چندمتری جدید (MMSS) و کشف منحنی‌های یادگیری	۲۴ دانشجوی تازه‌کار پزشکی؛ ۱۲ متخصص زنان و زایمان	شبیه‌ساز HystSim VR	مهارت‌های هیستروسکوپی تشخیصی	۹ تکرار و به دنبال آن ۵ تکرار برای تازه‌کارها	مقیاس رتبه‌بندی جهانی، پارامترهای مشتق‌شده از شبیه‌ساز

شناسه مطالعه	طرح	هدف	شرکت‌کنندگان	تنظیمات واقعیت مجازی	موضوع آموزش	تکرارها	معیارهای ارزیابی‌شده
جانس و همکاران (۲۰۱۳) [۲۵]	کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده	ارزیابی منحنی یادگیری با استفاده از شبیه‌ساز واقعیت مجازی برای عقیم‌سازی هیستروسکوپی با روش Essure	۳۰ نفر تازه‌کار (دانشجویان پزشکی)؛ ۵ کارشناس (متخصص زنان و زایمان)	شبیه‌ساز واقعیت مجازی برای روش Essure	عقیم‌سازی هیستروسکوپی – روش Essure	تک جلسه	امتیاز کیفیت تصویر
آکاروال و همکاران (۲۰۰۶) [۲۶]	مطالعه کوهورت آینده‌نگر غیرتصادفی	ارزیابی اولین شبیه‌ساز واقعیت مجازی تجاری موجود برای آموزش جراحان بی‌تجربه زنان در سالپنژکتومی لاپاروسکوپی برای حاملگی خارج از رحم	۳۰ جراح زنان	شبیه‌ساز واقعیت مجازی با ماژول‌های رویه‌ای برای سالپنژکتومی لاپاروسکوپی برای حاملگی خارج از رحم	سالپنژکتومی لاپاروسکوپیک برای حاملگی خارج از رحم	۲ جلسه	زمان صرف‌شده، حرکات، بار شناختی
بهاراتان و همکاران (۲۰۱۳) [۲۷]	مطالعه کوهورت آینده‌نگر غیرتصادفی	اعتبارسنجی شبیه‌ساز MIST 2 برای ارزیابی مهارت‌های روانی‌حرکتی متخصصان زنان	۲۱ متخصص زنان (۲ مشاور، ۸ ثبت احوال، ۱۱ افسر ارشد خانه)	شبیه‌ساز لاپاراسکوپی MIST 2	ارزیابی مهارت‌های روانی‌حرکتی لاپاراسکوپی در متخصصان زنان	۲ جلسه	زمان صرف‌شده، حرکات، بار شناختی
گور و همکاران (۲۰۰۳) [۲۸]	مطالعه کوهورت آینده‌نگر غیرتصادفی	نقشه‌برداری از بار شناختی و ارزیابی وفاداری شبیه‌ساز.	۲۵ کارآموز؛ ۹ متخصص زنان و زایمان	شبیه‌ساز لاپاراسکوپی LAP Mentor VR	آموزش و ارزیابی جراحی لاپاراسکوپی لوله، نقشه‌برداری شناختی بار	۴ جلسه	زمان کامل کردن وظایف، خطاها، صرفه‌جویی در حرکت، صرفه‌جویی در استفاده از دیاترمی برای عملکرد دست راست و چپ
جوکینن و همکاران (۲۰۲۰) [۲۹]	مطالعه کوهورت آینده‌نگر تصادفی	ارزیابی تأثیر آموزش شبیه‌سازی‌شده	۲۰ رزیدنت رنان و زایمان	LAP Mentor	هیسترکتومی لاپاراسکوپیک	۱۰	ارزیابی ساختار یافته عینی مهارت های فنی (OSATS)

و کارآموزان تا متخصصان مجرب زنان را شامل می‌شد. حجم نمونه در مطالعات مختلف متفاوت بود. شرکت‌کنندگان از ۱۱ تا ۴۰ نفر شامل افراد مبتدی و متخصص بودند.

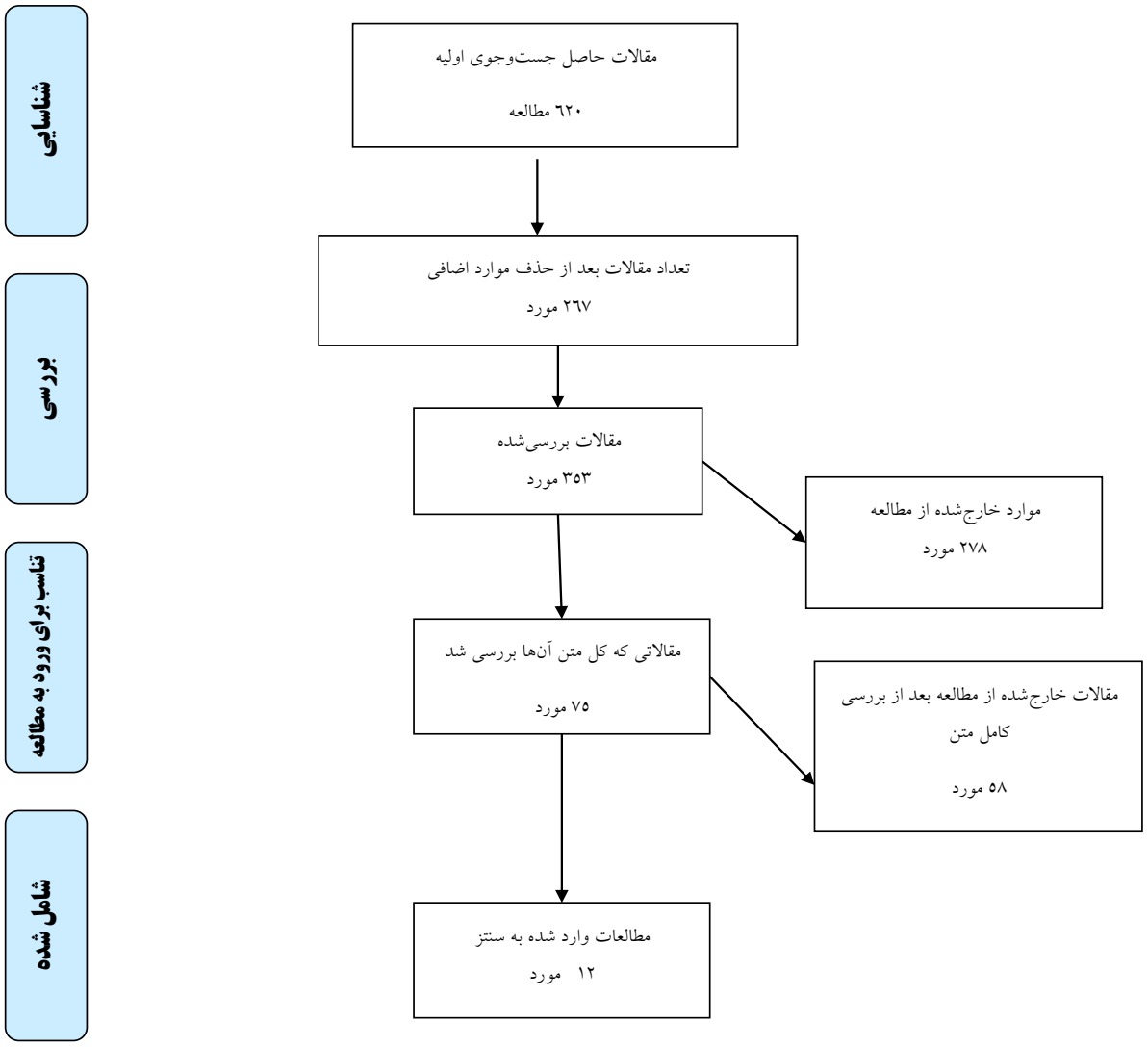
موضوعات آموزش شامل مهارت‌های جراحی رباتیک با تمرکز بر بستن کاف واژن، مهارت‌های لاپاراسکوپی مقدماتی و پیشرفته، استریلیزاسیون هیستروسکوپی به روش Essure، معاینه سونوگرافی ترانس واژینال زنان، سالپنژکتومی لاپاروسکوپی، هیسترکتومی لاپاروسکوپی[14]، هیسترکتومی لاپاروسکوپی برای بارداری، هیسترکتومی لاپاروسکوپی برای حاملگی خارج رحمی، ارزیابی مهارت‌های روانی‌حرکتی لاپاروسکوپی در متخصصان زنان و زایمان و آموزش و ارزیابی جراحی لاپاروسکوپی لوله‌های رحمی بود.

تنظیمات واقعیت مجازی مورداستفاده در این مطالعات شامل شبیه‌سازهای واقعیت مجازی مختلف بود که برای روش‌های خاص زنان و زایمان طراحی شده بودند. این تنظیمات شامل پلتفرم‌هایی مانند ماژول بسته شدن کاف واژن، شبیه‌ساز واقعیت مجازی LapSimGyn، شبیه‌ساز واقعیت مجازی برای روش Essure، شبیه‌ساز مهارت‌های داوینچی، شبیه‌ساز اولتراسوند، شبیه‌ساز واقعیت مجازی LapSim®، شبیه‌ساز VR HystSim، شبیه‌ساز MIST2 و شبیه ساز لاپاراسکوپی LAP Mentor VR بود. کیفیت شواهد در غالب مطالعات مناسب بود.

ترکیب شواهد کیفی

جراحان باتجربه به‌طور مداوم در مقایسه با افراد تازه‌کار در معیارهای مختلف عملکرد بهتری از خود نشان دادند. به‌طوری‌که متخصصان به‌طور مداوم از گروه‌های متوسط و تازه‌کار بهتر عمل

14. Laparoscopic hysterectomy (LH)

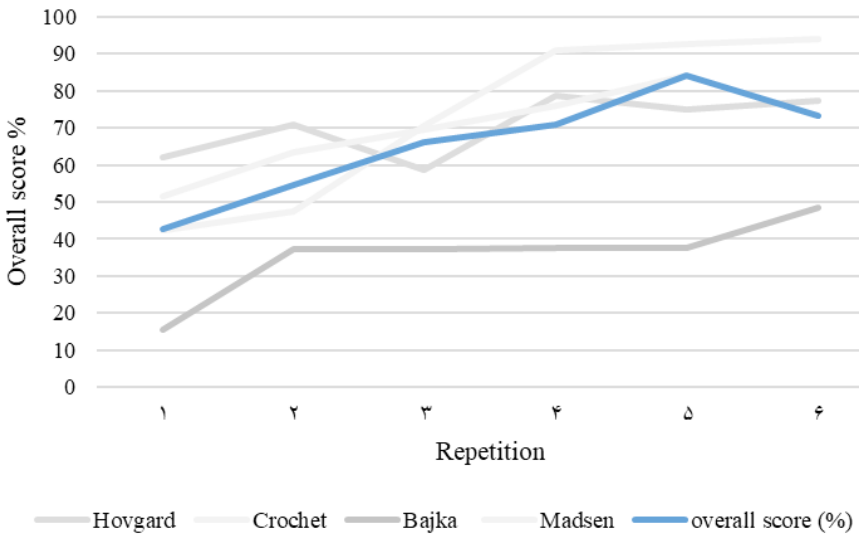


تصویر ۱. فرایند انتخاب مقالات در نمودار جریان PRISMA

کردند که نشان‌دهنده اثربخشی شبیه‌سازی واقعیت مجازی در کسب مهارت و اصلاح آن‌هاست. منحنی‌های یادگیری به‌طور قابل‌توجهی بین سطوح مهارت متفاوت بود، به‌طوری‌که افراد تازه‌کار در چند تکرار پیشرفت‌های قابل‌توجهی را نشان دادند و در تعداد متوسطی از تکرارها به سطوح متخصص نزدیک شدند. شبیه‌سازی واقعیت مجازی بهبود قابل‌توجهی را در عملکرد در چندین معیار تسهیل کرد و اختلاف عملکرد را بین متخصصان و نوآموزان کاهش داد. علاوه‌براین، شبیه‌سازی واقعیت مجازی برای یادگیری اولیه، حفظ مهارت و توسعه برنامه‌های آموزشی ساختاریافته سودمند بود و اعتبار ساختاری را برای روش‌های مختلف جراحی نشان داد. بااین‌حال، اصلاح و آزمایش بیشتر ابزارها و معیارهای ارزیابی برای اطمینان از قابلیت اطمینان و اعتبار آن‌ها در ارزیابی مهارت‌های عملیاتی ضروری است.

افراد تازه‌کار معمولاً نسبت به تکرارها پیشرفت قابل‌توجهی نشان می‌دهند. برخی از مطالعات نشان می‌دهد آن‌ها به سطوح متخصص در میانگین ۵ تا ۱۴ تکرار نزدیک می‌شوند. بااین‌حال، منحنی‌های یادگیری اغلب بالا می‌آیند، به‌ویژه پس از تکرارهای دوم تا ششم یا پس از ۴ تا ۸ جلسه که نشان‌دهنده محدودیتی برای کسب مهارت در این زمینه‌هاست. معیارهایی مانند زمان، صرفه‌جویی در حرکت، پارامترهای خطا و پارامترهای مشتق‌شده از شبیه‌ساز معمولاً ارزیابی می‌شوند، با پیشرفت‌های قابل‌توجهی در چندین معیار در افراد تازه‌کار مشاهده می‌شود.

از سوی دیگر، متخصصان منحنی‌های یادگیری کوتاه‌تری را نشان می‌دهند، اغلب خیلی زودتر، گاهی اوقات در اوایل تکرار دوم، صعود را نشان می‌دهند که به دلیل سطح مهارت پایه بالاتر و انطباق سریع با وظایف شبیه‌سازی شده است. افزایش منحنی‌های یادگیری در سراسر مطالعات ثابت است و پس از تعداد معینی



تصویر ۲. داده‌های ارائه‌شده در منحنی یادگیری

از تکرارها یا جلسات اتفاق می‌افتد که نشان‌دهنده محدودیت در کسب مهارت در محیط شبیه‌سازی‌شده است. بااین‌حال نقطه خاص پلاتو متفاوت است. برخی از مطالعات نشان می‌دهد که پلاتو بعد از جلسه دوم و برخی دیگر نشان می‌دهد که پس از جلسه هشتم رخ می‌دهد.

ترکیب شواهد کمی

داده‌های ارائه‌شده در منحنی یادگیری (تصویر شماره ۲) ترکیبی است که از ۴ مطالعه هاوگارد و همکاران [۱۴]، کروچت و همکاران [۲۳]، باجکا و همکاران [۲۴] و مادسن و همکاران [۲۱] به دست آمده است. منحنی‌های یادگیری از این مطالعات استخراج و با میانگین نمرات کلی مربوطه در هر تکرار ترکیب شدند. منحنی یادگیری نشان داده‌شده توسط داده‌های ارائه‌شده، روند واضحی از بهبود عملکرد را با افزایش تکرار نشان می‌دهد که یک صعود تدریجی را از امتیاز اولیه ۴۲/۸۰ درصد به اوج ۸۴/۰۱ درصد در تکرار پنجم نشان می‌دهد. این پیشرفت نشان‌دهنده یادگیری مؤثر و کسب مهارت در طول زمان است. بااین‌حال پس از این اوج، کاهش جزئی در عملکرد در تکرار ششم وجود دارد که نشان‌دهنده تغییرپذیری بالقوه یا بالا رفتن در رشد مهارت است.

بحث

در این مطالعه سیستماتیک، از ۱۳ مطالعه بر روی شبیه‌سازهای واقعیت مجازی در آموزش جراحی زنان و زایمان، جنبه‌های مختلفی از جمله اعتبار، قابلیت اطمینان و نتایج یادگیری مورد ارزیابی قرار گرفت. این مطالعات شامل شرکت‌کنندگان در سطوح مختلف مهارت، از مبتدی تا متخصص بود. نتایج به‌طور مداوم نشان داد جراحان باتجربه بهتر از افراد تازه‌کار در شبیه‌سازهای واقعیت مجازی عمل می‌کنند. شبیه‌سازی واقعیت مجازی به‌طور قابل‌توجهی عملکرد را بهبود بخشید و شکاف عملکرد را بین سطوح مختلف مهارت کاهش داد. تازه‌کارها نسبت به تکرارها پیشرفت‌های قابل‌توجهی نشان دادند؛ معمولاً بعد از تکرار دوم تا ششم، درحالی‌که متخصصان منحنی‌های یادگیری کوتاه‌تری را نشان دادند که خیلی زودتر در آن‌ها صعود رخ می‌داد.

همانند مطالعه ما، مطالعه شرمن و همکاران نشان می‌دهد منحنی‌های یادگیری در بین افرادی با سطوح مختلف تخصص جراحی عمومی در لاپاراسکوپی هنگام استفاده از شبیه‌ساز لاپاروسکوپی واقعیت مجازی (LapSim) متفاوت است [۳۰]. این مطالعه نشان می‌دهد که همه گروه‌ها (متخصص، مبتدی، نوآموز) در طول زمان ازنظر کارایی (اندازه‌گیری‌شده با «خطای زمان») و صرفه‌جویی در حرکت (اندازه‌گیری‌شده با «حرکت») بهبود یافته‌اند. بااین‌حال، تفاوت‌هایی بین گروه‌ها، به‌ویژه در عملکرد پایه و نهایی آن‌ها مشاهده شد. گروه «متخصص» به‌طورکلی نمرات بالاتری را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده عملکرد برتر در مقایسه با گروه‌های دیگر است. این یافته‌ها از این ایده حمایت می‌کنند که منحنی یادگیری مرتبط با مهارت‌های لاپاراسکوپی وجود دارد [۳۰]، اما در مطالعات درمورد تعداد تکرارهای موردنیاز برای به‌دست آوردن عملکرد مناسب تفاوت‌هایی وجود دارد. مطالعه کانگ و همکاران مفهوم منحنی یادگیری را با بررسی زمان و تکرارهای موردنیاز برای افراد برای کسب مهارت با استفاده از شبیه‌ساز واقعیت مجازی رباتیک برای آموزش جراحی نشان می‌دهد. این نشان می‌دهد که بهبودهای قابل‌توجهی در عملکرد فنی در طول زمان رخ می‌دهد که توسط پارامترهایی مانند میانگین زمان، برخوردها و خطاهای بحرانی نشان داده می‌شود. منحنی یادگیری برای مطالعه آن‌ها مهارتی را نشان داد که پس از تقریباً ۷۴ تکرار، درمجموع حدود ۴ ساعت تمرین به دست می‌آید [۳۱]. مطالعه مروری گویلباد و همکاران مزایای بالقوه شبیه‌سازی و برنامه‌های آموزشی را در کوتاه‌سازی

منحنی یادگیری برجسته و پیشنهاد می‌کند که اجرای تدریجی جراحی کبد با لاپاروسکوپی همراه با آموزش مبتنی بر شبیه‌سازی ممکن است تأثیر بالینی منحنی یادگیری را کوتاه کند [۳۲]. مطالعه پاتل و همکاران منحنی یادگیری را با عملکرد بهبودیافته بر روی شبیه‌ساز واقعیت مجازی برای آنژیوگرافی کاروتید نشان می‌دهد. این نشان می‌دهد که شرکت‌کنندگان مهارت بیشتری نسبت به شبیه‌سازی‌های مکرر نشان دادند که با کاهش زمان عمل، حجم کنتراست، زمان فلوروسکوپی و خطاهای جابه‌جایی کاتتر مرکب مشهود است. این یافته از استفاده بالقوه از شبیه‌سازی واقعیت مجازی به‌عنوان یک روش معتبر برای ارزیابی و افزایش مهارت‌های پزشکی، به ویژه در روش‌های پرخطر مانند استنت‌گذاری کاروتید [۳۳] پشتیبانی می‌کند.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی داده‌ها، همبستگی مثبت بین تجربه و عملکرد را برجسته می‌کند. نوسانات نیاز به تمرین و اصلاح مداوم برای حفظ و تقویت مهارت‌های اکتسابی را نشان می‌دهد. این نشان می‌دهد که پیچیدگی وظایف و سطح تخصص شرکت‌کنندگان نقش مهمی در تعیین مسیر و مدت‌زمان کسب مهارت دارد. شبیه‌سازی واقعیت مجازی به‌عنوان یک ابزار امیدوارکننده ظاهر می‌شود که کسب مهارت را تسریع می‌کند و در مقایسه با روش‌های آموزشی سنتی، پیشرفت‌های فوری را به همراه دارد. بااین‌حال نقطه دقیقی که در آن فلات کسب مهارت رخ می‌دهد بسته به معیارهای خاص و جلسات آموزشی مورداستفاده متفاوت است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله نتیجه یک مطالعه مروری است و هیچ نمونه انسانی یا حیوانی ندارد. مسائل اخلاقی مانند اجتناب از سرقت ادبی، اطمینان از استحکام در جمع‌آوری داده‌های مرتبط و حقوق انتشار در نظر گرفته شد.

حامی مالی

این پژوهش هیچگونه کمک مالی از سازمان‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی را ذکر نکردند.

References

[1] Schneck P. [Obstetrics and gynecology in the medical education curriculum in the 19th century (German)]. Zentralbl Gynakol. 1986; 108(21):1324-9. [PMID]

[2] Rigó J. A Semmelweis Egyetem I. Sz. [The 200-year history of the 1st Department of Obstetrics and Gynaecology, Semmelweis University, Budapest, Hungary (Hungarian)]. Orv Hetil. 2013; 154(28):1112-8. [DOI:10.1556/OH.2013.HO2455] [PMID]

[3] Prospective Doctor. How competitive is an obstetrics and gynecology residency? Updated for 2023 [Internet]. 2023 [2024 June 15]. Available from: [Link]

[4] Gardner R, Raemer DB. Simulation in obstetrics and gynecology. Obstet Gynecol Clin North Am. 2008; 35(1):97-127. [DOI:10.1016/j.ogc.2007.12.008] [PMID]

[5] DeStephano CC, Nitsche JF, Heckman MG, Banks E, Hur HC. ACOG simulation working group: A needs assessment of simulation training in OB/GYN residencies and recommendations for future research. J Surg Educ. 2020; 77(3):661-70. [DOI:10.1016/j.jsurg.2019.12.002] [PMID]

[6] Roy MJ, Sticha DL, Kraus PL, Olsen DE. Simulation and virtual reality in medical education and therapy: a protocol. Cyberpsychol Behav. 2006; 9(2):245-7. [DOI:10.1089/cpb.2006.9.245] [PMID]

[7] Mistry D, Brock CA, Lindsey T. The present and future of virtual reality in medical education: A narrative review. Cureus. 2023; 15(12):e51124. [DOI:10.7759/cureus.51124] [PMID] [PMCID]

[8] Gupta S, Wilcocks K, Matava C, Wiegelmann J, Kaustov L, Alam F. Creating a successful virtual reality-based medical simulation environment: Tutorial. JMIR Med Educ. 2023; 9:e41090. [DOI:10.2196/41090] [PMID] [PMCID]

[9] Abbas JR, Winterbottom F, Khan M, et al. Virtual reality in simulation-based emergency skills training: A systematic review and meta-analysis. Acad Emerg Med. 2023; 30(9):1721-38.

[10] Mettler LL, Dewan P. Virtual reality simulators in gynecological endoscopy: A surging new wave. JSLS. 2009; 13(3):279-86. [PMID] [PMCID]

[11] Letterie GS. How virtual reality may enhance training in obstetrics and gynecology. Am J Obstet Gynecol. 2002; 187(3 Suppl):S37-40. [DOI:10.1067/mob.2002.127361] [PMID]

[12] Mohtashami F, von Dadelszen P, Allaire C. A surgical virtual reality simulator distinguishes between expert gynecologic laparoscopic surgeons and perinatologists. JSLS. 2011; 15(3):365-72. [DOI:10.4293/108680811X13125733356477] [PMID] [PMCID]

[13] Larsen CR, Oestergaard J, Ottesen BS, Soerensen JL. The efficacy of virtual reality simulation training in laparoscopy: A systematic review of randomized trials. Acta Obstet Gynecol Scand. 2012; 91(9):1015-28. [DOI:10.1111/j.1600-0412.2012.01482.x] [PMID]

[14] Howard NM, Cook DA, Hatala R, Pusic MV. Learning curves in health professions education simulation research: A systematic review. simul healthc. 2021; 16(2):128-35. [DOI:10.1097/SIH.0000000000000477] [PMID]

[15] Anzanello MJ, Fogliatto FS. Learning curve models and applications: Literature review and research directions. Int J Indust Ergon. 2011; 41(5):573-83. [DOI:10.1016/j.ergon.2011.05.001]

[16] Feldman LS, Cao J, Andalib A, Fraser S, Fried GM. A method to characterize the learning curve for performance of a fundamental laparoscopic simulator task: Defining "learning plateau" and "learning rate". Surgery. 2009; 146(2):381-6. [DOI:10.1016/j.surg.2009.02.021] [PMID]

[17] Thompson BM, Rogers JC. Exploring the learning curve in medical education: Using self-assessment as a measure of learning. Acad Med. 2008; 83(10 Suppl):S86-8. [DOI:10.1097/ACM.0b013e318183e5fd] [PMID]

[18] Hovgaard LH, Andersen SAW, Konge L, Dalsgaard T, Larsen CR. Validity evidence for procedural competency in virtual reality robotic simulation, establishing a credible pass/fail standard for the vaginal cuff closure procedure. Surg Endosc. 2018; 32(10):4200-8. [DOI:10.1007/s00464-018-6165-5] [PMID]

[19] Larsen CR, Grantcharov T, Aggarwal R, Tully A, Sørensen JL, Dalsgaard T, et al. Objective assessment of gynecologic laparoscopic skills using the LapSimGyn virtual reality simulator. Surg Endosc. 2006; 20(9):1460-6. [DOI:10.1007/s00464-005-0745-x] [PMID]

[20] Sheth SS, Fader AN, Tergas AI, Kushnir CL, Green IC. Virtual reality robotic surgical simulation: an analysis of gynecology trainees. J Surg Educ. 2014; 71(1):125-32. [DOI:10.1016/j.jsurg.2013.06.009] [PMID]

[21] Madsen ME, Konge L, Nørgaard LN, Tabor A, Ringsted C, Klemmensen AK, et al. Assessment of performance measures and learning curves for use of a virtual-reality ultrasound simulator in transvaginal ultrasound examination. Ultrasound Obstet Gynecol. 2014; 44(6):693-9. [DOI:10.1002/uog.13400] [PMID]

[22] Lamblin G, Thiberville G, Druette L, Moret S, Couraud S, Martin X, et al. Virtual reality simulation to enhance laparoscopic salpingectomy skills. J Gynecol Obstet Hum Reprod. 2020; 49(3):101685. [DOI:10.1016/j.jogoh.2020.101685] [PMID]

[23] Crochet P, Aggarwal R, Knight S, Berdah S, Boubli L, Agostini A. Development of an evidence-based training program for laparoscopic hysterectomy on a virtual reality simulator. Surg Endosc. 2017; 31(6):2474-82. [DOI:10.1007/s00464-016-5249-3] [PMID]

[24] Bajka M, Tuchschmid S, Fink D, Székely G, Harders M. Establishing construct validity of a virtual-reality training simulator for hysteroscopy via a multimetric scoring system. Surg Endosc. 2010; 24(1):79-88. [DOI:10.1007/s00464-009-0582-4] [PMID]

[25] Janse JA, Goedegebuure RS, Veersema S, Broekmans FJ, Schreuder HW. Hysteroscopic sterilization using a virtual reality simulator: Assessment of learning curve. J Minim Invasive Gynecol. 2013; 20(6):775-82. [DOI:10.1016/j.jmig.2013.04.016] [PMID]

[26] Aggarwal R, Tully A, Grantcharov T, Larsen CR, Miskry T, Farthing A, et al. Virtual reality simulation training can improve technical skills during laparoscopic salpingectomy for ectopic pregnancy. BJOG. 2006; 113(12):1382-7. [DOI:10.1111/j.1471-0528.2006.01148.x] [PMID]

[27] Bharathan R, Vali S, Setchell T, Miskry T, Darzi A, Aggarwal R. Psychomotor skills and cognitive load training on a virtual reality laparoscopic simulator for tubal surgery is effective. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol. 2013; 169(2):347-52. [DOI:10.1016/j.ejogrb.2013.03.017] [PMID]

[28] Gor M, McCloy R, Stone R, Smith A. Virtual reality laparoscopic simulator for assessment in gynaecology. BJOG. 2003; 110(2):181-7. [DOI:10.1046/j.1471-0528.2003.02016.x]

[29] Jokinen E, Mikkola TS, Härkki P. Simulator training and residents' first laparoscopic hysterectomy: A randomized controlled trial. Surg Endosc. 2020; 34(11):4874-82. [DOI:10.1007/s00464-019-07270-3] [PMID] [PMCID]

[30] Sherman V, Feldman LS, Stanbridge D, Kazmi R, Fried GM. Assessing the learning curve for the acquisition of laparoscopic skills on a virtual reality simulator. Surg Endosc. 2005; 19(5):678-82. [DOI:10.1007/s00464-004-8943-5] [PMID]

[31] Kang SG, Yang KS, Ko YH, Kang SH, Park HS, Lee JG, et al. A study on the learning curve of the robotic virtual reality simulator. J Laparoendosc Adv Surg Tech A. 2012; 22(5):438-42.[DOI:10.1089/lap.2011.0452] [PMID]

[32] Guilbaud T, Birnbaum DJ, Berdah S, Farges O, Beyer Berjot L. Learning curve in laparoscopic liver resection, educational value of simulation and training programmes: A systematic review. World J Surg. 2019; 43(11):2710-9. [DOI:10.1007/s00268-019-05111-x] [PMID]

[33] Patel AD, Gallagher AG, Nicholson WJ, Cates CU. Learning curves and reliability measures for virtual reality simulation in the performance assessment of carotid angiography. J Am Coll Cardiol. 2006; 47(9):1796-802. [DOI:10.1016/j.jacc.2005.12.053] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank