Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences

Sokouti, et al. *Med J Tabriz Uni Med Sciences.* 2022;44(4): 257-269
doi: 10.34172/mj.2022.035
https://mj.tbzmed.ac.ir

TUOMS PRESS

Systemic Review

The performance of simulation-based virtual reality bronchoscopy training: A systematic review and meta-analysis

Massoud Sokouti[1,2], Babak Sokouti[3*], Mohsen Sokouti[4]

[1]Nutrition Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
[2]Research Center of Psychiatry and Behavioral Sciences, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
[3]Biotechnology Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
[4]Department of Cardiothoracic Surgery, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 18 May 2022
Accepted: 3 Sep 2022
ePublished: 17 Oct 2022

Keywords:
- Training
- Bronchoscopy
- Virtual Reality
- Novices
- Meta-analysis

Abstract

Background. Today, virtual reality bronchoscopy simulation technique is used increasingly. So, it is essential to validate the effectiveness of its training. The performance of training can be evaluated by synthesis of published works.

Methods. Based on PRISMA guideline, we systematically searched PubMed and Scopus databases until April 15, 2022 and obtained the eligible articles. The included studies were English articles that performed virtual reality simulation by flexible and rigid bronchoscopy for novices. Random effect model meta-analysis was performed with heterogeneity tests, Egger's test, SVE, SVT, and subgroup analysis.

Results. Sixteen studies comprising two RCTs, seven prospective studies, and seven observational studies were evaluated. Meta-analysis and forest plots showed significant P-values in novices, which indicated virtual reality simulation technique is more effective. Heterogeneity tests showed high heterogeneity in studies of four groups. Published year subgroup analysis explained heterogeneity between studies. Funnel plots and Eggers' test indicated no publication bias between the two groups.

Conclusion. Simulation-based virtual reality bronchoscopy training is effective in novices but does not reach experts' skills.

Practical Implications. The process of bronchoscopy is critical in the evaluation of the lungs. In the past, it was generally taught by having students do it on people. Despite the low danger, this may be stressful for trainees. Using virtual reality as a simulator, this research aimed to analyze the abilities of experts and novices in medical education, as well as the effectiveness of virtual reality in medical education. A new training option for bronchoscopy simulation training can be considered for examination of the airways, particularly in the future years, stressing the need of continued medical education.

How to cite this article: Sokouti M, Sokouti B, Sokouti M. The performance of simulation-based virtual reality bronchoscopy training: A systematic review and meta-analysis. 2022;44(4):257-269. doi: 10.34172/mj.2022.035. Persian.

Extended Abstract

Background

Simulation-based virtual reality training bronchoscopy is used in many training centers. For this purpose, it is necessary to acquire technical skills to perform this invasive method and assess its efficacy. Flexible bronchoscopy is the standard endoscopic method for diagnosing various airway and lung disorders. It is also necessary to correctly

*Corresponding author; Email: b.sokouti@gmail.com
© 2022 The Authors. This is an Open Access article published by Tabriz University of Medical Sciences under the terms of the Creative Commons Attribution CC BY 4.0 License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

perform the technique while decreasing the risk of tissue damage or damage to the endoscopes. However, complications such as bleeding, respiratory depression, cardio-respiratory arrest, arrhythmia, and pneumothorax may occur. Computerized-based bronchoscopy simulations can play an essential role in training novices. Fundamental proficiency for beginners needs their first 100 bronchoscopies to be accomplished based on the USA and UK bronchoscopy guidelines.

Methods

We conducted a systematic review using Boolean queries in PubMed and Scopus databases until April 15, 2022. We examined the effect of the virtual reality (VR) technique on bronchoscopy training. For this purpose, we analyzed the following four groups: Group 1: the time of performing virtual reality bronchoscopy by novices before and after training; Group 2: the time of performing bronchoscopy by novices trained with virtual reality and experts; Group 3: the score of performing bronchoscopy before and after training with virtual reality by novices; and Group 4: BSTAT score of performing bronchoscopy before and after training by novices. Additionally, we performed heterogeneity tests, subgroup analysis, bias, and trim and fill operations. When there was heterogeneity among studies, we considered subgroup A 2011-2022 and subgroup B 2000-2010 analyses. All meta-analysis and statistical analyses were performed with the Meta-MUMS software (developed by Mashhad University of Medical Sciences). Also, to evaluate the quality of the studies, the RoB2 and ROBINS-I tools provided by Cochrane were used for RCTs and non-RCTs, respectively.

Results

The systematic review procedure complied with the PRISMA guideline. Two of the studies were RCTs, seven were prospective studies, and seven were observational articles. RCTs and non-RCTs had a good quality. In group 1, the result of the meta-analysis comparing the time of bronchoscopy before and after training novices by VR was SMD= 1.401, P=0.004. The SMD's positivity and P's significance showed less time after training than before. The heterogeneity test parameters were Q=50.587, df= 7, P<0.001, and I^2= 86.162, which means heterogeneity was 86.162%. In the subgroup analysis, by excluding Jiang B's study, the statistics results were SMD_A= 2.552, P_A<0.001, SMD_B= 0.289, P_B= 0.542, SMD_{AB}= 1.607, and P_{AB}<0.001. In the subgroup analysis A and B, the positivity of SMD and the significance of P meant that novices performed in less time compared to before training by VR. Heterogeneity test parameters wrere Q_A= 9.367, df_A=3, I^2_A= 67.973, P_A= 0.025, Q_B= 0.972, df_B= 2, I^2_B= 0, P_B= 0.615 and $Q_{overall}$= 37.048, df= 6, I^2= 83.805, P<0.001, $Q_{between}$= 13.267, P<0.001, R^2= 79.202, In subgroup analysis A, heterogeneity was 67.973%. In subgroup analysis B, heterogeneity was insignificant and equal to zero, while overall heterogeneity was significant (83.805). The significance of $Q_{between}$ and the value of R^2 showed that subgroup analysis can explain 79.202% of the heterogeneity. The results of publication bias tests were as follows: $Intercept_{SVT}$= 4.136, P= 0.0583. $Intercept_{SVE}$= 1.464, P= 0.440, and $Intercept_{Egger}$= 3.963, P= 0.30. The P values and the funnel plot did not indicate publication bias. In group 2, a meta-analysis was applied to compare the times of novices after training by VR with the times of experts (SMD= 0.684, P= 0.03). The positivity of the SMD and the significance of P meant that experts performed bronchoscopy in less time than novices, and virtual reality training could not bring novices to the level of experts. Heterogeneity test results were as follows: Q= 16.613, df= 5, I^2= 69.904, P= 0.005, and 69.904%, with a significant P. In group 3, a meta-analysis was applied to compare the score of performing bronchoscopy before and after training novices by VR, which resulted in SMD= -1.294 and P= 0.001. The negativity of the SMD and P significance meant that novices performed bronchoscopy with a higher score compared to before training. Heterogeneity parameters were Q= 53.098, df= 7, P<0.001, and I^2= 86.817. The meta-analysis results in group 4 comparing BSTAT scores on performing bronchoscopy before and after training novices by VR were as follows: SMD = -5.226 and P<0.001. The negativity of the SMD and the significance of

the P value meant that novices had a higher BSTAT score than before training. The heterogeneity parameters were Q= 136.608, df= 4, I^2= 97.072, and *P*<0.001. Publication bias test parameters were as follows: $Intercept_{SVE}$= -9.311, *P*= 0.402, $Intercept_{SVT}$=6.183, *P*= 0.564, $Intercept_{Egger}$= -8.083, and *P*= 0.044. Since Eggers' test indicated a publication bias, trim and fill was applied. In the trim and fill operation, to balance the publication bias, a new study was added to the studies. After a random re-meta-analysis, the statistics with SMD= -3.541 and *P*= 0.009 were obtained. The negativity of SMD and the significance of the P value meant that novices performed bronchoscopy with higher BSTAT scores than before training by VR. The heterogeneity test parameters were Q= 167/131, df=5, I^2= 97.008, and *P*<0.001, showing 97.008% heterogeneity. The effect size of Kennedy's study was smaller than the present study. The heterogeneity of I^2 in the study of Kennedy was 27.21%, and the result in the current research for four groups of novices was more than 70%. Our results regarding the time to perform bronchoscopy are similar to Kennedy's study. Kennedy's study included advanced diagnostic procedures such as endobronchial ultrasound or biopsy. This study was conducted on the time and speed of acquiring bronchoscopy skills before and after training by novices, as well as scoring and BSTAT scoring in the virtual simulation environment.

Conclusion

This systematic meta-analysis showed that bronchoscopy training with simulation and virtual reality is effective in novices but can never enhance their skills as experts. Further studies on bronchoscopy simulation through virtual reality are needed to further access this promising training tool. As a result, increasing the application of this technique in training centers by experts and beginners will encourage other medical experts to take the required advantages of this technique.

سکوتی و همکاران. *مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز*. مهر و آبان ۱۴۰۱؛ ۴۴(۴):۲۵۷-۲۶۹
doi: 10.34172/mj.2022.035
https://mj.tbzmed.ac.ir

مقاله مرور سیستماتیک

مرور نظام‌مند و فرا تحلیل در بررسی اثر آموزش برونکوسکوپی با واقعیت مجازی در تازه کارها

مسعود سکوتی[۱،۲]، بابک سکوتی[۳*]، محسن سکوتی[۴]

[۱]مرکز تحقیقات تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
[۲]مرکز تحقیقات روانپزشکی و علوم رفتاری، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
[۳]مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
[۴]گروه جراحی کاردیوتوراسیک، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله

سابقه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۸
پذیرش:۱۴۰۱/۰۶/۱۲
انتشار برخط: ۱۴۰۱/۰۷/۲۵

کلید واژه‌ها:
- آموزش
- برونکوسکوپی
- واقعیت مجازی
- تازه‌کارها
- فراتحلیل

چکیده

زمینه. امروزه از آموزش برونکوسکوپی با کمک واقعیت مجازی به‌صورت گسترده استفاده می‌شود. ارزیابی اثربخشی این شیوه آموزشی اهمیت بالایی دارد و در این مطالعه، بر اساس سنتز داده‌های مقالات به چاپ رسیده صورت می‌گیرد.

روش کار. مقالاتی که در پایگاه‌های داده پاب‌مد و اسکوپوس تا ۱۵ آوریل سال ۲۰۲۲ منتشر شده بود با استفاده از فلوچارت پریسما استخراج گردید. تنها مقالات منتشرشده به زبان انگلیسی با موضوع آموزش برونکوسکوپی با واقعیت مجازی در تازه‌کاران انتخاب شد. فراتحلیل با مدل اثر تصادفی به همراه تعیین ناهمگونی انجام شد. جهت تعیین سوگیری انتشار، آزمون‌های اگر (Egger)، SVE و SVT اجرا شده و نمودارهای قیفی آنها ترسیم گردید. فراتحلیل زیرگروهی نیز جهت توجیه ناهمگونی اجرا شد.

یافته‌ها. ۱۶ مقاله شامل ۲ مقاله کارآزمایی بالینی، ۷ مقاله آینده‌نگر و ۷ مقاله مشاهده‌ای بررسی و تحلیل شد. نمودارهای جنگلی فراتحلیل در تازه‌کاران با مقادیر P معنی‌دار از موثر بودن این آموزش حکایت داشت، اما مهارت فراگیران، هم‌تراز با سطح افراد خبره نبود. آزمون‌های ناهمگونی در چهار گروه مطالعه، ناهمگونی شدیدی را نشان داد. تحلیل زیرگروهی بر اساس سال چاپ مقالات، توانست ناهمگونی را در بین مطالعات توجیه کند و موثر بودن آن را در آموزش سال‌های ۲۰۱۱ به بعد نشان دهد. نمودارهای قیفی و آزمون اگر (Egger) نشان‌دهنده عدم سوگیری انتشار در دو گروه بود.

نتیجه‌گیری. آموزش برونکوسکوپی با شبیه‌سازی و واقعیت مجازی در افراد تازه‌کار موثر است، ولی مهارت آنها را به سطح افراد خبره نمی‌رساند.

پیامدهای عملی. برونکوسکوپی یک روش مهم برای بررسی راه‌های هوایی انسان است. در آموزش سنتی، افراد تازه‌کار برونکوسکوپی را روی انسان انجام می‌دهند. این کار خطراتی را با خود به همراه دارد و موجب اضطراب در فراگیران می‌شود. هدف از این مطالعه، ارزیابی مهارت‌های متخصصان و افراد تازه‌کار با استفاده از واقعیت مجازی به‌عنوان شبیه‌ساز برونکوسکوپی و تاثیر آن بر آموزش برونکوسکوپی بود. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که با وجود افزایش مهارت افراد تازه‌کار به کمک واقعیت مجازی، مهارت کسب‌شده آنها همچنان قابل قیاس با مهارت افراد مجرب نیست.

مقدمه

در حیطه پزشکی، کسب مهارت‌های دستی و فنی برای اجرای مناسب روش‌های تهاجمی مانند برونکوسکوپی فیبراپتیک انعطاف‌پذیر ضروری است.[۱-۴] برونکوسکوپی انعطاف‌پذیر یک روش معمول آندوسکوپی برای تشخیص و درمان انواع اختلالات راه هوایی و ریوی است که در تشخیص و درمان بیماری‌های ریوی استفاده می‌شود. با این حال، برونکوسکوپی انعطاف‌پذیر باید با یک وضعیت بدنی صحیح و یک مسیر مستقیم برای بهینه‌سازی عملکرد برونکوسکوپی و در عین حال،

*نویسنده مسؤول؛ ایمیل: b.sokouti@gmail.com

حق تالیف برای مولفان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی تبریز تحت مجوز کریتیو کامنز CC BY 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0) منتشر شده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

به حداقل رساندن خطر آسیب‌های ناشی از کار و آسیب به آندوسکوپی انجام شود. این روش معمولا بسیار ایمن است و تنها در برخی موارد، عوارض مهمی چون خونریزی، سرکوب تنفسی، ایست قلبی‌تنفسی، آریتمی و پنوموتوراکس رخ می‌دهد.[۵-۷] ماکت‌های ساده انسانی امکان آموزش برونکوسکوپی پایه را فراهم می‌کنند، اما ممکن است به برونکوسکوپ‌های انعطاف‌پذیر آسیب جدی وارد شود و برای راهنمایی و بازخورد، به کارکنان آموزش‌دیده نیاز است.[۸] در آموزش سنتی، فراگیر برونکوسکوپی را تحت نظارت، روی بیمار واقعی انجام می‌دهد. چندین مدل شبیه‌سازی آموزشی برای معرفی روش‌های برونکوسکوپیک به افراد تازه‌کار توسعه یافته است. دهه‌هاست که کسب مهارت‌های برونکوسکوپی بر اساس آموزش روی بیماران واقعی موجب به خطر انداختن ایمنی و راحتی بیماران شده است. در این میان، شبیه‌سازهای برونکوسکوپی رایانه‌ای برای فراهم آوردن تجربه واقعی برونکوسکوپیک و بازخورد به کاربرها حین آموزش مهارت‌های عملی توسعه یافته‌اند.[۹-۱۱] شبیه‌ساز برونکوسکوپی رایانه‌ای، زمانی می‌تواند نقش مهمی در آموزش و ارزیابی آموزش داشته باشد که ابتدا بتواند عملکرد برونکوسکوپی واقعي را در بیماران، بادقت بالا شبیه‌سازی کرده و تصاویر واضحی را نشان دهد.[۱۲] بیمارانی که برونکوسکوپی آنها را افراد تازه‌کار انجام می‌دهند، در طول سه‌ماهه اول، عوارض بیشتری را متحمل می‌شوند. دستورالعمل‌های برونکوسکوپی از ایالات متحده و بریتانیا نشان می‌دهد که افراد تازه‌کار باید دست‌کم ۱۰۰ برونکوسکوپی انعطاف‌پذیر را در محیط نظارتی انجام دهند تا به مهارت پایه دست یابند.[۵،۱۳] تعیین این‌که آیا پزشکان تازه کار در حال آموزش، با کمک مرکز مهارت برونکوسکوپی مجازی، می‌توانند به سرعت مهارت‌های فنی اساسی مورد نیاز برای انجام یک روش تشخیصی تهاجمی مانند برونکوسکوپی فیبراپتیک انعطاف‌پذیر را کسب کنند یا خیر، حیاتی است. آموزش مهارت‌های عملی در محیط بالینی با سختی فزاینده‌ای همراه است.[۱-۸،۱۴-۱۸] در یک فراتحلیل منتشر شده در سال ۲۰۱۳، شبیه‌سازی برونکوسکوپی مهارت‌های واضحی را در فراگیران تازه‌کار ایجاد کرد و موجب عملکردی متوسط در طول فرآیند برونکوسکوپی گردید.[۱۹] آموزش برونکوسکوپی برای دانشجویان پزشکی و دستیاران متفاوت است.[۲۰] تلفیق اطلاعات مربوط به اثربخشی آموزش برونکوسکوپی مبتنی بر شبیه‌سازی، به تصمیم‌گیری در خصوص نیازهای آموزشی و پژوهشی کمک می‌کند و می‌تواند در شناسایی مربیان جهت آموزش برونکوسکوپی به دانشجویان مبتدی، افراد تازه‌کار و حتی متخصصان موثر واقع شود.[۲۱-۲۴] تنها یک مطالعه مرور نظام‌مند و فراتحلیل یافت شد که در آن مقایسه آموزش برونکوسکوپی مبتنی بر شبیه‌سازی را با در نظر گرفتن متغیرهایی مانند طول زمان انجام برونکوسکوپی، اثر و پیامدهای برونکوسکوپی در بیماران واقعی، ماکت و حیوانات انجام داده است.[۱۹] هدف از این مرور نظام‌مند و فراتحلیل، بررسی تاثیر آموزش برونکوسکوپی با استفاده از برخی شبیه‌سازی‌ها و تعیین زمان مورد نیاز افراد تازه‌کار بر اساس شاخص‌های نمره‌دهی برای کسب مهارت است. همچنین، زمان عملکردی افراد تازه‌کار که با واقعیت مجازی آموزش دیده‌اند در برابر افراد خبره بررسی خواهد شد.

روش کار

جهت انجام این فراتحلیل، یک مرور نظام‌مند با کلید واژه‌های زیر و فرمول بولی در پایگاه‌های داده پاب‌مد و اسکوپوس تا تاریخ ۱۵ آوریل ۲۰۲۲ انجام شد.

Train AND (Virtual Reality OR Simulation) AND (bronchoscopy OR bronchoscopic)

در این مقاله به بررسی تاثیر واقعیت مجازی بر آموزش برونکوسکوپی می‌پردازیم. برای این کار به فراتحلیل چهار مولفه زیر پرداختیم. گروه ۱: فراتحلیل مقایسه زمان انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در افراد تازه‌کار. گروه ۲: فراتحلیل مقایسه زمان انجام برونکوسکوپی در افراد تازه‌کار آموزش‌دیده با واقعیت مجازی و افراد خبره. گروه ۳: فراتحلیل مقایسه نمره انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در افراد تازه‌کار. گروه ۴: فراتحلیل مقایسه امتیاز BSTAT انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در افراد تازه‌کار. همچنین، آزمون ناهمگونی، فراتحلیل زیر گروه، آزمون‌های سوگیری انتشار اگر SVE (smooth-variance of Eggers) و SVT (smooth-variance of Thomson) و Fill & Trim در مواردی که سوگیری انتشار میان مطالعات وجود داشت، انجام شد.[۲۵-۲۷] در فراتحلیل، زیرگروه مقالات ۲۰۱۰-۲۰۰۰ را زیرگروه B و مقالات ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ را زیرگروه A در نظر گرفتیم. تمام تحلیل‌های فراتحلیل و آماری با نرم‌افزار بومی‌سازی شده دانشگاه علوم پزشکی مشهد (Meta-MUMS, Meta-analysis software developed in Mashhad University of Medical Sciences) انجام گرفت.[۲۸-۳۶] همچنین، جهت ارزیابی کیفیت مطالعات وارد شده در این مطالعه از ابزارهای ارایه شده توسط کاکرین جهت استفاده در مطالعات کارآزمایی بالینی و غیر کارآزمایی بالینی به ترتیب RoB2 و ROBINS-I استفاده گردید.[۳۷،۳۸]

یافته‌ها

۲۱۲ مقاله از پایگاه داده پاب‌مد و ۱۰۲ مقاله از پایگاه داده اسکوپوس به دست آمد. از ۳۱٤ مقاله به دست آمده، ۷۳ مورد تکراری بود و از مطالعه حذف شد. بنابراین، ۲٤۱ مقاله برای بررسی بیشتر باقی ماند. از این تعداد ۱۷۸ مقاله نامربوط و ۱٤ مقاله مروری بودند و ۳۳ مقاله داده ناکافی داشتند که از مرور نظام‌مند حذف شدند و در کل ۱٦ مقاله برای فراتحلیل باقی ماند. روال انجام مرور نظام‌مند در فلوچارت پریسما در شکل ۱ مشاهده می‌شود.[۳۹،٤۰] محل انجام برونکوسکوپی‌ها و مطالعه، یک مورد در انگلستان،[٤۱] پنج مورد در آمریکا،[۲٤،٤۲-٤۵] دو مقاله در استرالیا،[٤٦،٤۷] پنج مقاله در دانمارک،[٤۸-۵۱] یک مورد در سنگاپور،[۵۲] یک مورد در چین [۵۳] و یک مقاله در فرانسه[۵٤] بود. از ۱٦ مقاله مطالعه شده، دو مقاله کارآزمایی بالینی،[۸، ۵۳] ۷ مقاله آینده‌نگر[۲٤، ٤۲، ٤۵، ٤٦، ٤۸، ۵۲، ۵٤] و ۷ مقاله مشاهده‌ای بود.[٤۱، ٤۲، ٤٤، ٤۷، ٤۹-۵۱] مطالعات کارآزمایی بالینی و غیر کارآزمایی بالینی، کیفیت مناسبی داشتند (شکل ۱-ب). نتیجه فراتحلیل تصادفی مقایسه زمان انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در افراد تازه‌کار داده‌ها با مقادیر SMD (Standardized Mean Difference)=۱/۴۰۱، LL (Lower Limit)=۰/۴۵۶ و UL (Upper Limit)=۰/۴۵۶ و P=۰/۰۰٤ بود (شکل ۲-الف). مثبت بودن اختلاف میانگین استاندارد و معنی‌دار بودن P به این معنی است که افراد تازه‌کار، برونکوسکوپی را در زمان کمتری نسبت به قبل از آموزش با واقعیت مجازی انجام داده‌اند و واقعیت مجازی تاثیر مثبتی در آموزش افراد تازه‌کار داشته است. در آزمون ناهمگونی، داده‌ها با مقادیر

Q=۵۰/۵۸۷, df (degree of freedom)=۷, P<۰/۰۰۱, I^2=۸٦/۱٦۲

به دست آمد. آزمون ناهمگونی نشان داد که ناهمگونی در میان مطالعات برابر ۸٦/۱٦۲ درصد با P معنی‌دار است. در مرحله بعد، فراتحلیل زیرگروهی را با حذف مطالعه جیانگ بی انجام دادیم که نتایج با مقادیر

SMD_A=۲/۵۵۲, P_B<۰/۰۰۱, SMD_B=۰/۲۸۹, P_B=۰/۵۴۲, SMD_{AB}=۱/٦۰۷, P<۰/۰۰۱

به دست آمد. نمودار جنگلی آن در شکل ۲-ب نمایش داده شده است. در زیر گروه A، مثبت‌بودن اختلاف میانگین استاندارد و معنی‌دار بودن P به این معنی است که افراد تازه‌کار، برونکوسکوپی را در زمان کمتری نسبت به قبل از آموزش با واقعیت مجازی انجام داده‌اند و واقعیت مجازی تاثیر مثبتی در آموزش افراد تازه‌کار داشته است. در زیرگروه B، مثبت بودن اختلاف میانگین استاندارد و عدم معنی‌دار بودن P به این معنی است که افراد تازه‌کار، برونکوسکوپی را در زمان کمتری نسبت به قبل از آموزش با واقعیت مجازی انجام داده‌اند ولی اختلاف معنی‌دار نبود و واقعیت مجازی تاثیر مثبتی در آموزش افراد تازه‌کار نداشته است. در فراتحلیل زیرگروه A و B، مثبت بودن اختلاف میانگین استاندارد و معنی‌دار بودن P به این معنی است که افراد تازه‌کار، برونکوسکوپی را در زمان کمتری نسبت به قبل از آموزش با واقعیت مجازی انجام داده‌اند و واقعیت مجازی تاثیر مثبتی در آموزش افراد تازه‌کار داشته است. در آزمون ناهمگونی، داده‌ها با مقادیر I^2_B=۰، P_B=۰/۶۱۵، df_B=۲، Q_B=۰/۹۷۲، I^2_A=۶۷/۹۷۳، P_A=۰/۰۲۵، df_A=۳، Q_A=۹/۳۶۷ و I^2=۸۳/۸۰۵، P<۰/۰۰۱، df=۶، $Q_{overall}$=۳۷/۰۴۸، R^2=۷۹/۲۰۲، P<۰/۰۰۱، $Q_{between}$=۱۳/۲٦۷ حاصل شد. این به این معنی است که در زیرگروه A، ناهمگونی معنی‌دار و برابر ٦۷/۹۷۳، در زیرگروه B ناهمگونی غیرمعنی‌دار و برابر صفر و ناهمگونی کلی، معنی‌دار و برابر ۸۳/۸۰۵ است. معنی‌دار بودن $Q_{between}$ و مقدار R^2 نشان می‌دهد که فراتحلیل زیر گروهی توانسته ۷۹/۲۰۲ درصد ناهمگونی را توجیه کند. برای آزمون سوگیری انتشار، آزمون‌های اگر (Egger)، SVE و SVT با داده‌های P=۰/۰۵۸۳، $Intercept_{SVT}$=۴/۱۳۶، P=۰/۴۴۰، $Intercept_{SVE}$=۱/۴۶۴، P=۰/۳۰، $Intercept_{Egger}$=۳/۹۶۳ انجام شد و نمودار قیفی با وزن تصادفی در شکل ۳-الف نمایش داده شده است. عدم معنی‌دار بودن مقادیر P و نمودار قیفی شکل ۳-الف، سوگیری انتشار را نشان نمی‌دهد. نتیجه فراتحلیل تصادفی مقایسه زمان انجام برونکوسکوپی در میان افراد تازه‌کار آموزش‌دیده با واقعیت مجازی و خبره‌ها، داده‌هایی با مقادیر P=۰/۰۳، UL=۱/۳۰۲، LL=۰/۰۶۶، SMD=۰/۶۸۴ است (شکل ۳-ب). مثبت‌بودن اختلاف میانگین استاندارد و معنی‌دار بودن P، به این معنی است که خبره‌ها برونکوسکوپی را در زمان کمتری نسبت به افراد تازه‌کار آموزش‌دیده با واقعیت مجازی انجام می‌دهند. بنابراین، آموزش با واقعیت مجازی نمی‌تواند افراد تازه‌کار را به سطح افراد خبره برساند تا در زمانی مشابه بتوانند برونکوسکوپی را انجام دهند. در آزمون ناهمگونی، داده‌ها دارای مقادیر I^2=٦۹/۹۰٤، P=۰/۰۰۵، df=۵، Q=۱۶/۶۱۳ هستند. آزمون ناهمگونی نشان می‌دهد که ناهمگونی در میان مطالعات برابر ٦۹/۹۰٤ درصد با P معنی‌دار است. در مرحله

بعد فراتحلیل زیرگروهی به دلیل این‌که مطالعات در زیرگروه‌ها کمتر از ۳ است، انجام نمی‌گیرد. برای آزمون سوگیری انتشار، آزمون‌های اگر (Egger)، SVE و SVT با داده‌های

P=۰/۰۹۲, Intercept_{SVT}=۲/۴۵۳, P=۰/۰۷۵, Intercept_{SVE}=-۳/۷۹۴ P=۰/۲۰۹, Intercept_{SVT}=۲/۲۷۰

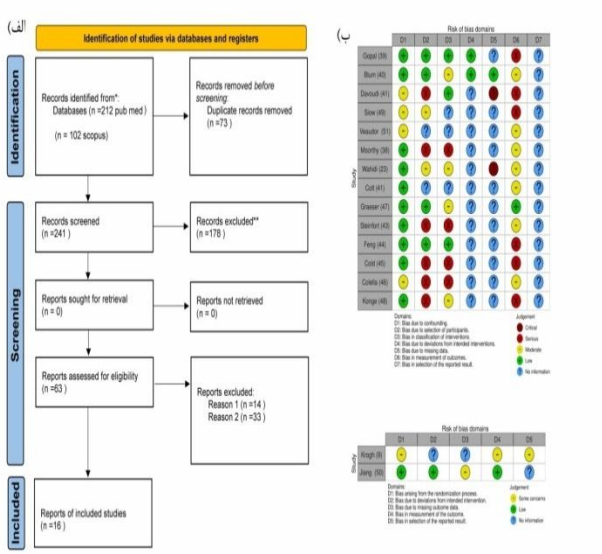
انجام شد و نمودار قیفی با وزن تصادفی در شکل ۳-ج نمایش داده شده است. عدم معنی‌دار بودن مقادیر P و نمودار قیفی شکل ۳-ج نشانه‌ای از وجود سوگیری انتشار ندارند. نتیجه فراتحلیل مقایسه نمره انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در افراد تازه‌کار، داده‌هایی با مقادیر P=۰/۰۰۱، UL=-۰/۶۲۶، LL=-۱/۹۶۲، SMD=-۱/۲۹۴ بود (شکل ۴-الف). منفی بودن اختلاف میانگین استاندارد و معنی‌دار بودن مقدار P به این معنی است که افراد تازه‌کار، برونکوسکوپی را با امتیاز بیشتری نسبت به قبل از آموزش با واقعیت مجازی انجام داده‌اند و واقعیت مجازی تاثیر مثبتی در آموزش افراد تازه‌کار داشته است. آزمون ناهمگونی، داده‌هایی با مقادیر

I^2=۸۶/۸۱۷، P<۰/۰۰۱، df=۷، Q=۵۳/۰۹۸ به دست آورد. آزمون ناهمگونی نشان می‌دهد که ناهمگونی در مطالعات برابر ۸۶/۸۱۷ درصد با P معنی‌دار است. فراتحلیل زیرگروهی به دلیل این‌که تمام مطالعات بعد از سال ۲۰۱۱ بودند، انجام نشد. برای آزمون سوگیری انتشار، آزمون‌های اگر (Egger)، SVE و SVT با داده‌های

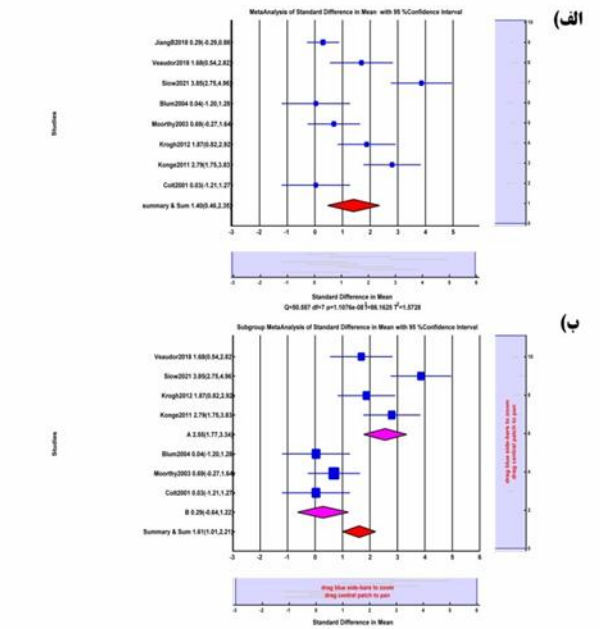
P=۰/۸۴۰, Intercept_{SVT}= ۰/۲۱۶, P=۰/۹۰۰, Intercept_{SVE}=۰/۱۳۵ P=۰/۰۰۷, Intercept_{SVT}=- ۴۳۰۳

انجام شد و نمودار قیفی با وزن تصادفی در شکل ٤-ب نمایش داده شده است. معنی‌دار بودن مقدار P در آزمون اگر (Egger) و نمودار قیفی شکل ٤-ب نشان از وجود سوگیری انتشار دارد. با توجه به وجود سوگیری در انتشار نتایج تحقیقات، عملیات Trim & Fill را با مدل تصادفی انجام دادیم که در شکل ۵-الف نشان داده شده و برا از بین بردن این سوگیری، دو مطالعه جدید باید به مطالعات مورد بررسی فراتحلیل اضافه گردد. فراتحلیل با مدل تصادفی حاصل شده با داده‌های SMD=-۰/۹۰۷، LL=-۱/۵۲۳، UL=-۰/۲۹۲، P=۰/۰۰۴ به دست می‌آید. منفی‌بودن اختلاف میانگین استاندارد و معنی‌دار بودن P به این معنی است که افراد تازه‌کار، برونکوسکوپی را با نمره بیشتری نسبت به قبل از آموزش با واقعیت مجازی انجام داده‌اند و واقعیت مجازی تاثیر مثبتی در آموزش افراد تازه‌کار داشته است. آزمون ناهمگونی، داده‌هایی با مقادیر I^2=۸٦/۵۹٤، P<۰/۰۰۱، df=۹، Q=۶۷/۱۳۶ به دست آورد. آزمون ناهمگونی نشان داد که ناهمگونی در مطالعات برابر ۸٦/۵۹٤ درصد با P معنی‌دار است. نتیجه فراتحلیل مقایسه امتیاز BSTAT انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در افراد تازه‌کار، داده‌ها با مقادیر P<۰/۰۰۱، UL=-۲/۵۴۲، LL=-۷/۹۰۹، SMD=-۵/۲۲۶ بود (شکل ۵-ب). منفی بودن اختلاف میانگین استاندارد و معنی‌دار بودن P به این معنی است که افراد تازه‌کار، برونکوسکوپی را با امتیاز BSTAT بیشتری نسبت به قبل از آموزش با واقعیت مجازی انجام داده‌اند و واقعیت مجازی تاثیر مثبتی در آموزش افراد تازه‌کار داشته است. آزمون ناهمگونی، داده‌هایی با مقادیر I^2=۹۷/۰۷۲، P<۰/۰۰۱، df=۴، Q=۱۳۶/۶۰۸ به دست آورد. آزمون ناهمگونی نشان داد که ناهمگونی در میان مطالعات برابر ۹۷/۰۷۲ درصد با P معنی‌دار است. فراتحلیل زیرگروهی به دلیل این‌که مطالعات در زیرگروه کمتر از ۳ هستند، انجام نشد. برای آزمون سوگیری انتشار، آزمون‌های اگر (Egger)، SVE و SVT با داده‌های P=۰/٤۰۲، Intercept_{SVT}=-۹/۳۱۱، P=۰/۵۶۴، Intercept_{SVT}=۶/۱۸۳، P=۰/۰۴۴، Intercept_{Egger}=-۸/۰۸۳ انجام شد و نمودار قیفی با وزن تصادفی در شکل ۵-ج نمایش داده شده است. معنی‌دار بودن مقدار P در آزمون اگر (Egger) و نمودار قیفی شکل ۵-ج نشان از وجود سوگیری انتشار دارد. با توجه به وجود سوگیری انتشار، عملیات تریم اند فیل (Fill & Trim) تصادفی انجام شد و شکل ۵-د به دست آمد. بنابراین، برای توازن سوگیری انتشار، مطالعه جدیدی به مطالعات اضافه شد و پس از فراتحلیل تصادفی مجدد، داده‌ها با مقادیر P=۰/۰۰۹، UL=-۰/۸۸۴، LL=-۶/۱۹۸ و SMD=-۳/۵۴۱ به دست آمد. منفی بودن اختلاف میانگین استاندارد و معنی‌دار بودن مقدار P به این معنی است که افراد تازه‌کار، برونکوسکوپی را با امتیاز BSTAT بیشتری نسبت به قبل از آموزش با واقعیت مجازی انجام داده‌اند و واقعیت مجازی تاثیر مثبتی در آموزش افراد تازه‌کار داشته است. آزمون ناهمگونی، داده‌هایی با مقادیر I^2=۹۷/۰۰۸، P<۰/۰۰۱، df=۵ و Q=۱۶۷/۱۳۱ به دست آورد. آزمون ناهمگونی نشان

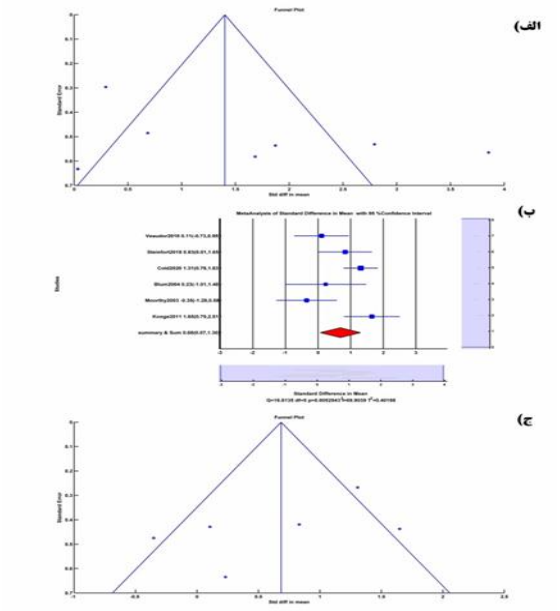
داد که ناهمگونی در میان مطالعات برابر ۹۷/۰۰۸ درصد با P معنی‌دار است.



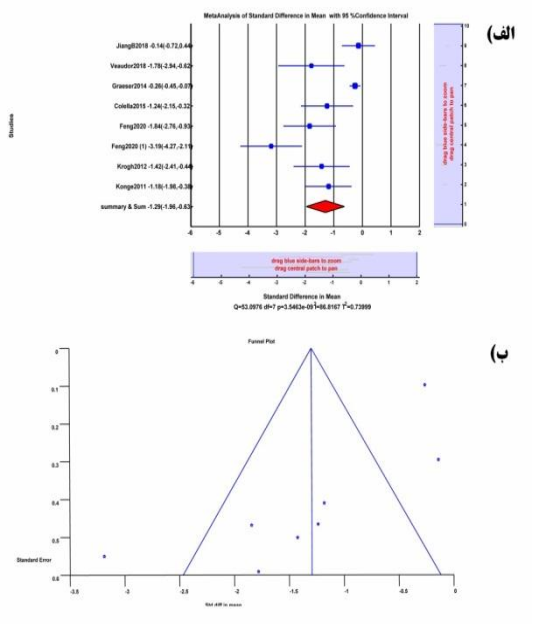
شکل ۱. الف) فلوچارت PRISMA جهت انتخاب مطالعات مورد نظر برای بررسی فراتحلیل، ب) کیفیت مطالعات کارآزمایی بالینی و غیر کارآزمایی بالینی با استفاده از پکیج robviz



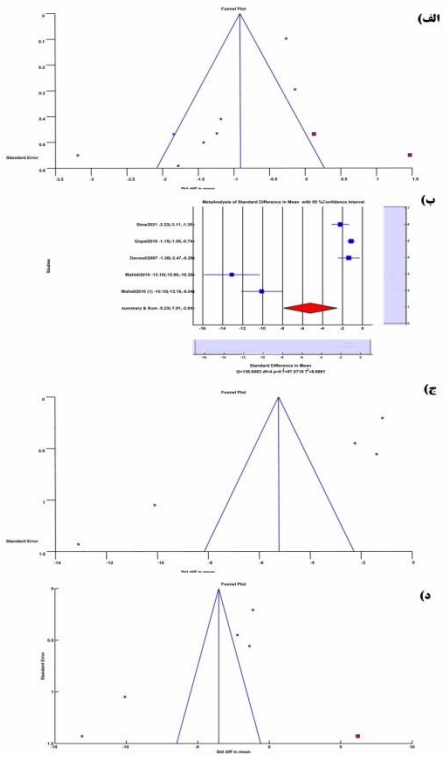
شکل ۲. الف) نمودار جنگلی فراتحلیل تصادفی مقایسه زمان انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در تازه‌کارها. ب) نمودار جنگلی فراتحلیل زیرگروهی تصادفی A,B مقایسه زمان انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در تازه‌کارها



شکل ۳. الف) نمودار قیفی مقایسه زمان انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در تازه‌کارها، ب) نمودار جنگلی فراتحلیل تصادفی مقایسه زمان انجام برونکوسکوپی در میان تازه‌کارهای آموزش دیده با واقعیت مجازی و خبره‌ها، ج) نمودار قیفی مقایسه زمان انجام برونکوسکوپی در میان تازه‌کارهای آموزش دیده با واقعیت مجازی و خبره‌ها



شکل ۴. الف) نمودار جنگلی فراتحلیل مقایسه Score انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در تازه‌کارها و ب) نمودار قیفی مقایسه Score انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در تازه‌کارها



شکل ۵. الف) نمودار trim&fill انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در تازه‌کارها، ب) نمودار جنگلی فراتحلیل مقایسه BSTAT score انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در تازه‌کارها، ج) نمودار قیفی فراتحلیل مقایسه BSTATscore انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در تازه‌کارها و د) نمودار trim&fill فراتحلیل مقایسه BSTATscore انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در تازه‌کارها

بحث

در این مطالعه فراتحلیل، اطلاعاتی که طی یک مرور نظام‌مند از مقالات مندرج در پایگاه‌های داده اسکوپوس و پاب‌مد در خصوص آموزش برونکوسکوپی انعطاف‌پذیر در محیط واقعیت مجازی، با استفاده از فلوچارت پریسما (PRISMA) به دست آمده، بررسی گردید (شکل ۱). در این فراتحلیل، زمان انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش در محیط واقعیت مجازی در میان افراد تازه‌کار مقایسه گردید. همچنین، مقایسه بین گروهی افراد تازه‌کار با افراد خبره و نیز درون‌گروهی بر اساس امتیازدهی BSTAT در انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی در افراد تازه‌کار انجام شد. در بررسی متون، تنها یک مرور نظام‌مند همراه با فراتحلیل و دو مطالعه با مرور کامل یافت شد. در این مطالعات مروری، ارزیابی ناقصی از انجام آموزش برونکوسکوپی با واقعیت مجازی صورت گرفته است و بنابراین این دو مطالعه به مطالعه ما وارد نشدند. نتایج در مورد زمان انجام برونکوسکوپی با واقعیت مجازی مطالعه ما شبیه مطالعه کندی و همکاران است.[۱۹] مطالعه کندی و همکاران در انجام آموزش شامل روش‌های پیشرفته در تشخیص مثل اولتراسوند آندوبرونکیال و انجام بیوپسی سوزنی از ضایعات آندوبرونکیال و یا خارج کردن جسم خارجی آندوبرونکیال و نیز روش‌های برونکوسکوپی ریجید است. مطالعه ما در مورد زمان و سرعت کسب مهارت انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش در افراد تازه‌کار، خبره و نیز امتیازدهی BSTAT در محیط با واقعیت مجازی در افراد تازه‌کار است. در بررسی متون، چندین مطالعه در مورد امتیازدهی آموزش برونکوسکوپی در محیط واقعیت مجازی وجود دارد، اما به مسئله زمان انجام برونکوسکوپی نپرداخته‌اند و بنابراین از مطالعه ما حذف شدند. مطالعه کندی و همکاران[۱۹] به صورت مرور نظام‌مند توام با فراتحلیل و اندازه اثر به دست آمده در آن کمتر از مطالعه حاضر است. ناهمگونی I^2 در مطالعه کندی و همکاران[۱۹] برابر ۲۷/۲۱ درصد است، ولی در بررسی ما در افراد تازه‌کار و یا مقایسه آموزش در دو گروه افراد تازه‌کار و خبره و نیز گروه امتیازدهی BSTAT در افراد تازه‌کار به ترتیب ۸۶/۱۶۲، ۶۹/۹۰۴، ۸۶/۸۱۷ و ۹۷/۰۷۲ درصد است. مقایسه‌ها نشان می‌دهد که افراد تازه‌کار برونکوسکوپی را در زمان کمتری نسبت به قبل از آموزش انجام داده‌اند. واقعیت مجازی تاثیر مثبتی در مهارت افراد تازه‌کار داشته است و مثبت بودن علایم SMD در افراد تازه‌کار و نیز مقایسه افراد تازه‌کار با خبره قبل و بعد از آموزش نشان می‌دهد که افراد خبره برونکوسکوپی را در زمان کمتری نسبت به افراد تازه‌کار آموزش‌دیده با واقعیت مجازی انجام داده‌اند. در مطالعه ما و همچنین مطالعه کندی و همکاران،[۱۹] گروه آموزش در واقعیت مجازی و بدون واقعیت مجازی مقایسه شده‌اند. در مطالعه کندی و همکاران[۱۹] مقایسه در امتیازدهی BSTAT در انجام برونکوسکوپی قبل و بعد از آموزش با واقعیت مجازی انجام نشده است، در حالی که در مطالعه ما بررسی و تحلیل‌های کاملی صورت گرفته که در قسمت نتایج به آن پرداخته شده است. نمودارهای قیفی در مطالعه کندی و همکاران[۱۹] و گروه ۱ و ۲ در این مطالعه متقارن هستند که نشان دهنده مشابهت در یافته‌های این دو مطالعه است. با این حال، نمودارهای قیفی در گروه ۳ و ٤ مطالعه ما، نامتقارن هستند. در مطالعه کندی و همکاران،[۱۹] سوگیری در انتشار مشخص نشده ولی در مطالعه حاضر، در هر یک از چهار گروه، سوگیری در انتشار مشخص شده است. آزمون‌های ناهمگونی اگر (Egger)،

SVTوSVE در مطالعه اخیر به‌صورت کامل بررسی شده است، ولی در مطالعه کندی و همکاران[19] این آزمون‌ها انجام نشده است. نقاط قوت این مطالعه، شامل هفت مطالعه آینده‌نگر[24، 42، 46-45، 48، 52، 54] و دو مطالعه کارآزمایی بالینی[8، 53] و بررسی کامل ناهمگونی و سوگیری در انتشار مطالعات است. یکی دیگر از نقاط قوت این مطالعه انجام فراتحلیل زیرگروهی در گروه ۱ است که نشان‌دهنده موثر بودن کامل اثرات آموزش واقعیت مجازی برونکوسکوپی در سال‌های بعد از ۲۰۱۱ بوده که ناهمگونی را توجیه کرده است. به علت کم تعداد بودن مطالعات زیرگروهی، فراتحلیل زیرگروهی در گروه‌های ۲، ۳ و ٤ انجام نشد. نقاط ضعف و محدودیت‌های این مطالعه، وجود اندازه نمونه و اندازه‌های اثر کم در مطالعه است. اندازه‌های اثر به‌دست آمده با SMD مشخص شده است. اندازه اثر مطالعه فراتحلیلی کندی و همکاران[19] با ۹۵=CI (Confidence Interval) درصد و ۰/۶۲=SMD بود، در حالی که مطالعه ما در گروه‌های ۱، ۲، ۳ و ٤ به ترتیب ۱/٤۰۱، ۰/٦۸٤، ۱/۲۹۷- و ۵/۲۲٦- است که نشان دهنده اندازه اثر بالا در این مطالعه نسبت به مطالعه کندی و همکاران[19] است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه مرور نظام‌مند و فراتحلیل نشان داده شد که آموزش برونکوسکوپی با شبیه‌سازی و واقعیت مجازی در افراد تازه‌کار موثر است، ولی هرگز نمی‌تواند مهارت آنها را به‌اندازه مهارت افراد خبره تقویت کند. مطالعات بیشتری روی شبیه‌سازی برونکوسکوپی از طریق واقعیت مجازی برای دسترسی بیشتر به این ابزار آموزشی نویدبخش مورد نیاز است. در نتیجه، افزایش کاربرد این تکنیک در مراکز آموزشی توسط کارشناسان و مبتدیان، موجب تشویق دیگر متخصصان پزشکی به انجام این روند خواهد شد.

قدردانی‌ها

نویسندگان این مقاله از معاونت محترم تحقیقات و فناوری و مرکز تحقیقات تغذیه دانشگاه علوم پزشکی تبریز که طرح تحقیقاتی به شماره ۷۰۵۷۵ مربوط به این مطالعه را تصویب نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌کنند.

مشارکت پدیدآوران

همه نویسندگان طراحی و تحلیل نتایج مطالعه، اجرای مطالعه و تهیه دست نوشته را عهده داشتند. همچنین همه نویسندگان نسخه نهایی مقاله را خوانده و تایید کرده‌اند.

منابع مالی

این طرح تحقیقاتی حمایت مالی نداشته است.

دسترس‌پذیری داده‌ها

این مقاله حاصل جمع‌آوری نتایج است و داده‌ای ندارد.

ملاحظات اخلاقی

طرح مطالعه حاضر در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی تبریز با کد اخلاقی IR.TBZMED.REC.1401.470 تصویب شده است.

تعارض منافع

مولفان اظهار می‌کنند که منافع متقابلی از تالیف و انتشار این مقاله وجود ندارد.

References

1. Colt HG, Crawford SW, Galbraith III O. Virtual reality bronchoscopy simulation: a revolution in procedural training. Chest. 2001;120(4):1333-9. doi: 10.1378/chest.120.4.1333
2. Qanash S, Hakami OA, Al-Husayni F, Gari AG. Flexible Fiberoptic Bronchoscopy: Indications, Diagnostic Yield and Complications. Cureus. 2020;12(10):e11122. doi: 10.7759/cureus.11122
3. Mathew JL, Kumar K, Singh M. Pulmonary Hydatid Cyst Diagnosed by Flexible Fiberoptic Bronchoscopy. J Bronchology Interv Pulmonol. 2021;28(2):150-2. doi: 10.1097/lbr.0000000000000742

4. Sachdev A, Gupta N, Khatri A, Jha G, Menon GR. Utility and safety of flexible fiberoptic bronchoscopy in mechanically ventilated children in pediatric intensive care unit. Pediatr Pulmonol. 2022;57(5):1310-7. doi: 10.1002/ppul.25863
5. Ernst A, Silvestri GA, Johnstone D. Interventional pulmonary procedures: Guidelines from the American College of Chest Physicians. Chest. 2003;123(5):1693-717. doi: 10.1378/chest.123.5.1693
6. Soni KD, Samanta S, Aggarwal R, Samanta S. Pneumothorax following flexible fiberoptic bronchoscopy: A rare occurrence. Saudi J Anaesth. 2014; 8(Suppl 1):S124-5. doi: 10.4103/1658-354x.144105
7. Iannoli ED, Litman RS. Tension pneumothorax during flexible fiberoptic bronchoscopy in a newborn. Anesthesia and Analgesia. 2002;94(3):512-3. doi: 10.1097/00000539-200203000-00007
8. Krogh CL, Konge L, Bjurström J, Ringsted C. Training on a new, portable, simple simulator transfers to performance of complex bronchoscopy procedures. Clin Respir J. 2013;7(3):237-44. doi: 10.1111/j.1752-699X.2012.00311.x
9. Chen J-S, Hsu H-H, Lai IR, Tai H-C, Lai H-S, Lee Y-C, et al. Validation of a Computer-based Bronchoscopy Simulator Developed in Taiwan. Journal of the Formosan Medical Association. 2006;105(7):569-76. doi: 10.1016/S0929-6646(09)60152-2
10. Murgu SD, Kurman JS, Hasan O. Bronchoscopy Education: An Experiential Learning Theory Perspective. Clin Chest Med. 2018;39(1):99-110. doi: 10.1016/j.ccm.2017.11.002
11. Colt HG, Davoudi M, Quadrelli S. Pilot study of web-based bronchoscopy education using the Essential Bronchoscopist in developing countries (Mozambique and Mauritania). Respiration. 2007;74(3):358-9. doi: 10.1159/000098810
12. Rostami HR, Arastoo AA, Jahantabi Nejad S, Khayatzadeh Mahany M, Azizi Malamiri R. Comparison between Virtual Reality and Constraint-Induced Movement Therapy on Upper Limb Function in Children with Hemiparetic Cerebral Palsy. Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2012;34(2):45-51.
13. Du Rand IA, Blaikley J, Booton R, Chaudhuri N, Gupta V, Khalid S, et al. Summary of the British Thoracic Society guideline for diagnostic flexible bronchoscopy in adults. Thorax. 2013;68(8):786-7. doi: 10.1136/thoraxjnl-2013-203618
14. Casso G, Schoettker P, Savoldelli GL, Azzola A, Cassina T. Development and Initial Evaluation of a Novel, Ultraportable, Virtual Reality Bronchoscopy Simulator: The Computer Airway Simulation System. Anesth Analg. 2019;129(5):1258-64. doi: 10.1213/ane.0000000000003316
15. Wong DT, Mehta A, Singh KP, Leong SM, Ooi A, Niazi A, et al. The effect of virtual reality bronchoscopy simulator training on performance of bronchoscopic-guided intubation in patients: A randomised controlled trial. Eur J Anaesthesiol. 2019;36(3):227-33. doi: 10.1097/eja.0000000000000890
16. Aljohaney AA. Predictors of virtual reality simulation bronchoscopy performance among novice bronchoscopists. Adv Med Educ Pract. 2019;10:63-70. doi: 10.2147/amep.s186275
17. Vining DJ, Liu K, Choplin RH, Haponik EF. Virtual bronchoscopy. Relationships of virtual reality endobronchial simulations to actual bronchoscopic findings. Chest. 1996;109(2):549-53. doi: 10.1378/chest.109.2.549
18. Crawford SW, Colt HG. Virtual reality and written assessments are of potential value to determine knowledge and skill in flexible bronchoscopy. Respiration. 2004;71(3):269-75. doi: 10.1159/000077425
19. Kennedy CC, Maldonado F, Cook DA. Simulation-based bronchoscopy training: systematic review and meta-analysis. Chest. 2013;144(1):183-92. doi: 10.1378/chest.12-1786
20. Hilmi OJ, White PS, McGurty DW, Oluwole M. Bronchoscopy training: is simulated surgery effective? Clin Otolaryngol Allied Sci. 2002;27(4):267-9. doi: 10.1046/j.1365-2273.2002.00577.x
21. Boet S, Naik VN, Diemunsch PA. Virtual simulation training for fibreoptic intubation. Can J Anaesth. 2009;56(1):87-8. doi: 10.1007/s12630-008-9012-7
22. Crabtree NA, Chandra DB, Weiss ID, Joo HS, Naik VN. Fibreoptic airway training: correlation of simulator performance and clinical skill. Can J Anaesth. 2008;55(2):100-4. doi: 10.1007/bf03016321
23. Goldmann K, Steinfeldt T. Acquisition of basic fiberoptic intubation skills with a virtual reality airway simulator. J Clin Anesth. 2006;18(3):173-8. doi: 10.1016/j.jclinane.2005.08.021
24. Wahidi MM, Silvestri GA, Coakley RD, Ferguson JS, Shepherd RW, Moses L, et al. A prospective multicenter study of competency metrics and educational

interventions in the learning of bronchoscopy among new pulmonary fellows. Chest. 2010;137(5):1040-9. doi: 10.1378/chest.09-1234
25. Jin Z-C, Wu C, Zhou X-H, He J. A modified regression method to test publication bias in meta-analyses with binary outcomes. BMC Medical Research Methodology. 2014;14(1):132. doi: 10.1186/1471-2288-14-132
26. Egger M, Smith GD, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. BMJ. 1997;315(7109):629-34. doi: 10.1136/bmj.315.7109.629
27. Duval S, Tweedie R. Trim and fill: a simple funnel-plot–based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. Biometrics. 2000;56(2):455-63. doi: 10.1111/j.0006-341x.2000.00455.x
28. Sokouti M, Sadeghi R, Pashazadeh S, Eslami S, Sokouti M, Ghojazadeh M, et al. Comparative Global Epidemiological Investigation of SARS-CoV-2 and SARS-CoV Diseases Using Meta-MUMS Tool Through Incidence, Mortality, and Recovery Rates. Arch Med Res. 2020;51(5):458-63. doi: 10.1016/j.arcmed.2020.04.005
29. Sokouti M, Sadeghi R, Pashazadeh S, Eslami S, Sokouti M, Ghojazadeh M, et al. Meta-MUMS COVID-19 web server: an online daily monitoring server for comparative and cumulative epidemiological analysis. Journal of Public Health. 2021;8:1-3. doi: 10.1007/s10389-020-01433-6
30. Sokouti M, Sadeghi R, Pashazadeh S, Eslami S, Sokouti M, Ghojazadeh M, et al. Meta-MUMS DTA: Implementation, validation, and application of diagnostic test accuracy software for meta-analysis in radiology. Clinical Epidemiology and Global Health. 2021;9:310-25. doi: 10.1016/j.cegh.2020.10.004
31. Sokouti M, Sadeghi R, Pashazadeh S, Abadi SEH, Ghojazadeh M, Sokouti B. Most Accurate Non-Linear Approximation Of Standard Normal Distribution Integral Based On Artificial Neural Networks. Suranaree Journal of Science and Technology.2017;24(3):263-80.
32. Sokouti M, Sadeghi R, Pashazadeh S, Abadi SEH, Ghojazadeh M, Sokouti B. Investigation of diagnostic value of artificial intelligence systems in the diagnosis of breast cancer based on histopathological images using Meta-MUMS DTA tool. Epidemiology Biostatistics and Public Health. 2020;17(2):1-13. doi: 10-2427/13313
33. Sokouti M, Sadeghi R, Pashazadeh S, Abadi SEH, Sokouti M, Ghojazadeh M, et al. A systematic review and meta-analysis on the treatment of liver hydatid cyst using meta-MUMS tool: comparing PAIR and laparoscopic procedures. Arch Med Sci. 2019;15(2):284-308. doi: 10.5114/aoms.2018.73344
34. Sokouti M, Sadeghi R, Pashazadeh S, Abadi SEH, Sokouti M, Rezaei-hachesu P, et al. A systematic review and meta-analysis on the treatment of liver hydatid cyst: Comparing laparoscopic and open surgeries. Arab Journal of Gastroenterology. 2017;18(3):127-35. doi: 10.1016/j.ajg.2017.09.010
35. Sokouti M, Sadeghi R, Pashazadeh S, Abadi SEH, Ghojazadeh M, Sokouti B. Experience of a New Dedicated Meta-analysis Tool in Systematic Review and Meta-Analysis on Training Performances of Virtual Reality Bronchoscopy Simulation. Journal of Informatics and Mathematical Sciences. 2018;10(1-2):119-32. doi: 10.26713/jims.v10i1-2.513
36. Sokouti M, Sadeghi R, Pashazadeh S, Abadi SEH, Sokouti M, Ghojazadeh M, et al. Treating empyema thoracis using video-assisted thoracoscopic surgery and open decortication procedures: a systematic review and meta-analysis by meta-mums tool. Arch Med Sci. 2019;15(4):912-35. doi: 10.5114/aoms.2018.77723
37. Sterne JAC, Hernán MA, Reeves BC, Savović J, Berkman ND, Viswanathan M, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. BMJ. 2016;355:i4919. doi: 10.1136/bmj.i4919
38. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. BMJ. 2019;366:l4898. doi: 10.1136/bmj.l4898
39. Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n160. doi: 10.1136/bmj.n160
40. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. Systematic Reviews. 2021;10(1):89. doi: 10.1186/s13643-021-01626-4
41. Moorthy K, Smith S, Brown T, Bann S, Darzi A. Evaluation of virtual reality bronchoscopy as a learning and assessment tool. Respiration. 2003;70(2):195-9. doi: 10.1159/000070067
42. Gopal M, Skobodzinski AA, Sterbling HM, Rao SR, LaChapelle C, Suzuki K, et al. Bronchoscopy Simulation

Training as a Tool in Medical School Education. Ann Thorac Surg. 2018;106(1):280-6. doi: 10.1016/j.athoracsur.2018.02.011
43. Blum MG, Powers TW, Sundaresan S. Bronchoscopy simulator effectively prepares junior residents to competently perform basic clinical bronchoscopy. Ann Thorac Surg. 2004;78(1):287-91. doi: 10.1016/j.athoracsur.2003.11.058
44. Davoudi M, Osann K, Colt HG. Validation of two instruments to assess technical bronchoscopic skill using virtual reality simulation. Respiration. 2008;76(1):92-101. doi: 10.1159/000126493
45. Colt HG, Crawford SW, Galbraith O. Virtual Reality Bronchoscopy Simulation: A Revolution in Procedural Training. Chest. 2001;120(4):1333-9. doi: 10.1378/chest.120.4.1333
46. Steinfort DP, Yong YH, Byrne T, Gorelik A, Colt H, Irving LB. Assessment of Bronchoscopic Dexterity and Procedural Competency in a Low-fidelity Simulation Model. J Bronchology Interv Pulmonol. 2018;25(3):198-203. doi: 10.1097/lbr.0000000000000481
47. Feng DB, Yong YH, Byrnes T, Gorelik A, Colt H, Irving LB, et al. Learning Gain and Skill Retention Following Unstructured Bronchoscopy Simulation in a Low-fidelity Airway Model. J Bronchology Interv Pulmonol. 2020;27(4):280-5. doi: 10.1097/lbr.0000000000000664
48. Cold KM, Svendsen MBS, Bodtger U, Nayahangan LJ, Clementsen PF, Konge L. Using structured progress to measure competence in flexible bronchoscopy. J Thorac Dis. 2020;12(11):6797-805. doi: 10.21037/jtd-20-2181
49. Colella S, Søndergaard Svendsen MB, Konge L, Svendsen LB, Sivapalan P, Clementsen P. Assessment of competence in simulated flexible bronchoscopy using motion analysis. Respiration. 2015;89(2):155-61. doi: 10.1159/000369471
50. Graeser K, Konge L, Kristensen MS, Ulrich AG, Hornbech K, Ringsted C. Airway management in a bronchoscopic simulator based setting: an observational study. Eur J Anaesthesiol. 2014;31(3):125-30. doi: 10.1097/EJA.0b013e328364395a
51. Konge L, Arendrup H, von Buchwald C, Ringsted C. Using Performance in Multiple Simulated Scenarios to Assess Bronchoscopy Skills. Respiration. 2011;81(6):483-90. doi: 10.1159/000324452
52. Siow WT, Tan G-L, Loo C-M, Khoo K-L, Kee A, Tee A, et al. Impact of structured curriculum with simulation on bronchoscopy. Respirology. 2021;26(6):597-603. doi: 10.1111/resp.14054
53. Jiang B, Ju H, Zhao Y, Yao L, Feng Y. Comparison of the Efficacy and Efficiency of the Use of Virtual Reality Simulation With High-Fidelity Mannequins for Simulation-Based Training of Fiberoptic Bronchoscope Manipulation. Simul Healthc. 2018;13(2):83-7. doi: 10.1097/sih.0000000000000299
54. Veaudor M, Gérinière L, Souquet PJ, Druette L, Martin X, Vergnon JM, et al. High-fidelity simulation self-training enables novice bronchoscopists to acquire basic bronchoscopy skills comparable to their moderately and highly experienced counterparts. BMC Med Educ. 2018;18(1):191. doi: 10.1186/s12909-018-1304-1