

Review Paper

The Use of Immersive Technologies in Audiology and Otolaryngology Education: A Scoping Review



Farnaz Fathollahzadeh^{1,2}, Seyede Zohre Mousavi^{2,3}, *Azadeh Borna^{2,4}

1. Department of Audiology, Student Research Committee, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

2. Research & Education Network in Audiology & Speech Sciences (RENAS), Tehran, Iran.

3. Department of Audiology, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

4. Department of Audiology, School of Rehabilitation, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.



Citation Fathollahzadeh F, Mousavi SZ, Borna A. [The Use of Immersive Technologies in Audiology and Otolaryngology Education: A Scoping Review (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2025; 14(4):506-517. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.4.3390>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.4.3390>

ABSTRACT

Background and Aims In recent years, the use of immersive technologies such as virtual reality (VR), augmented reality (AR), and mixed reality (MR) has notably improved medical education, especially in auditory and otolaryngology. These technologies provide interactive and realistic simulation environments that foster unique and safe learning opportunities for practicing clinical and surgical skills. This study aims to review the studies on the use and role of immersive technologies in audiology and ear, nose, and throat (ENT) education.

Methods This is a scoping review. A comprehensive search for related articles published in English from 2000 to 2025 was conducted in three PubMed, IEEE, and Embase databases using the terms “virtual reality,” “augmented reality,” “mixed reality,” and “simulation” in combination with “audiology,” “otolaryngology,” or “ENT”. Out of 630 retrieved articles, 23 were included in the final analysis after removing duplicates and screening. Data were extracted and descriptively classified based on the study themes and approaches.

Results The VR was the most commonly studied immersive technology (56.5%), followed by AR (34.7%). Most studies in ENT education have focused on the application of VR for simulating surgical skills. In audiology studies, only three primary areas were addressed: Auditory test simulation, anatomy education, and hearing aid fitting and selection.

Conclusion Immersive technologies have great potential to enhance clinical education in the fields of audiology and ENT. Further development and use of VR and AR tools in audiology can significantly improve students’ practical learning experiences.

Keywords Immersive technology, Virtual reality (VR), Augmented reality (AR), Simulation, Audiology, Otolaryngology

Received: 08 Jul 2025

Accepted: 15 July 2025

Available Online: 23 Sep 2025

* Corresponding Author:

Azadeh Borna, PhD.

Address: Department of Audiology, School of Rehabilitation, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Tel: +98 (21) 77159535

E-Mail: bornaaudio@gmail.com



Copyright © 2025 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

Advancements in immersive technologies, such as virtual reality (VR), augmented reality (AR), and mixed reality (MR), have significantly affected medical education in the last decade. These innovations offer unprecedented possibilities for interactive, hands-on training by simulating realistic scenarios, enabling medical students and professionals to practice and refine clinical skills in safe and controlled environments. Audiology and otolaryngology require an in-depth understanding of complicated anatomy and precise performance of both diagnostic and surgical skills. Traditional educational methods often have limitations such as restricted patient access, ethical considerations, and patient safety concerns. Immersive technologies can fill the gap between theoretical knowledge and clinical practice. This study aims to review the evidence of the use of immersive technologies in audiology and ear, nose, and throat (ENT) education.

Methods

This is a scoping review. A comprehensive search for related articles published from 2000 to 2025 was conducted in three [PubMed](#), [Institute of Electrical and Electronics Engineers \(IEEE\)](#), and [Embase](#) databases using the terms related to immersive technology (“virtual reality,” “augmented reality,” “mixed reality,” and “simulation”) and audiology and otolaryngology education. The studies evaluating the use of immersive technologies in audiology and/or ENT education, with accessible full texts in English, were included. The systematic and narrative review studies, as well as studies not involving immersive technologies, were excluded. The study selection was done following the PRISMA guidelines by two independent reviewers conducting screening and data extraction. Descriptive and conceptual analyses were used to classify the extracted data.

Results

The initial search yielded 630 articles. After removing duplicates and screening based on the inclusion criteria, 23 studies were included. The majority of studies (56.5%) reported the use of VR for simulation-based ENT education (surgical skills, anatomical structures, and procedural skills). The AR was studied in 34.7% of articles, often applied for intraoperative guidance during surgical procedures and enhancement of anatomical learning via

overlaying digital models onto cadaveric or real-world views. Only a minority of studies (8.6%) investigated the use of MR.

In audiology, studies on immersive technologies were mainly focused on three basic areas: 1. Auditory test simulation: These tools allow students to practice various auditory evaluations in a risk-free environment, improving diagnostic accuracy and competency without jeopardizing patient safety; 2. Anatomy education: immersive technologies enable 3D and interactive viewing of the complex structures of the inner ear and auditory pathways, surpassing traditional two-dimensional viewing, and students can use this technology to gain a deeper and more accurate understanding of anatomical structures and relationships; 3. Hearing aid fitting and evaluation: Some studies addressed hearing aid selection, fitting, and adjustment, providing conditions for students to practically strengthen the necessary clinical skills before patient encounters.

Overall, the use of immersive technologies in audiology education is less common than in ENT surgical training. Most studies emphasized the benefits of such technologies in providing individualized learning opportunities, instant feedback, and repeated practice. However, the majority of studies were pilot studies with small sample sizes, and there is a lack of randomized controlled trials. Barriers and challenges highlighted in the literature include high costs of equipment/software, technological limitations, accessibility problems, and the need for faculty training.

Conclusion

Immersive technologies such as VR and AR have great potential to improve clinical education in the fields of audiology and ENT. While the adoption of VR and AR in ENT surgical training is common, their use in audiology education is limited to assessment and anatomy training. Future research should focus on conducting larger, well-controlled studies that assess the long-term educational outcomes and cost-effectiveness of immersive technologies. Expansion of their use in audiology education domains beyond anatomy and basic testing—including complex clinical procedures, communication, and counseling skills—is also needed. Additionally, practical barriers related to cost, accessibility, and integration in the educational curricula should be addressed to facilitate wider use of immersive technologies globally. Collaborative efforts between educational institutions, technology developers, and policymakers are crucial in realizing their full potential within audiology education.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles were considered in this research. Since this is a scoping review study with no human or animal samples, the need for an ethical code was waived.

Funding

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

All authors contributed equally to the conception and design of the study, data collection and analysis, interpretation of the results, and drafting of the manuscript. Each author approved the final version of the manuscript for submission.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest



مقاله مروری

استفاده از فناوری های غوطه‌ور در آموزش حوزه های شنوایی شناسی و گوش و حلق و بینی: یک مرور دامنه

فرناز فتح‌اله‌زاده^{۲،۱}، سیده زهره موسوی^{۳،۲}، *آزاده برنا^{۴،۲}

۱. گروه شنوایی شناسی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲. شبکه آموزشی و پژوهشی علوم شنوایی و گفتار، تهران، ایران.
۳. گروه شنوایی شناسی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۴. گروه شنوایی شناسی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

Use your device to scan
and read the article online



Citation Fathollahzadeh F, Mousavi SZ, Borna A. [The Use of Immersive Technologies in Audiology and Otolaryngology Education: A Scoping Review (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2025; 14(4):506-517. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.4.3390>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.14.4.3390>

چکیده

مقدمه و اهداف در سال‌های اخیر، ورود فناوری‌های غوطه‌ور مانند واقعیت مجازی و واقعیت افزوده، انقلابی در آموزش پزشکی به‌ویژه در حوزه‌های شنوایی شناسی و گوش و حلق و بینی ایجاد کرده است. این فناوری‌ها با فراهم کردن محیط‌های تعاملی و شبیه‌سازی‌های واقع‌گرایانه، فرصت‌های یادگیری منحصربه‌فرد و ایمن برای تمرین مهارت‌های بالینی فراهم می‌کنند. این مرور محدود به هدف شناسایی، طبقه‌بندی و ترسیم وضعیت مطالعات منتشر شده مرتبط با نقش و کاربرد فناوری‌های غوطه‌ور در آموزش شنوایی شناسی و گوش و حلق و بینی انجام شده است.

مواد و روش‌ها در این مطالعه، با استفاده از جستجوی نظام‌مند در پایگاه‌های داده پابمد، امپیس و آی‌تریپل‌ئی، مقالات مرتبط با استفاده از فناوری‌های غوطه‌ور در آموزش شنوایی شناسی و گوش و حلق و بینی منتشر شده به زبان انگلیسی تا پیش از ژانویه ۲۰۲۵ بررسی شد. داده‌های مرتبط با هدف مطالعه به روش تحلیل توصیفی و مفهومی دسته‌بندی شدند.

یافته‌ها از مجموع ۶۳۰ مقاله به‌دست‌آمده، موارد تکراری با استفاده از روش غربالگری ۳ مرحله‌ای مقالات نامرتبط حذف و داده‌های ۲۳ مقاله استخراج و تحلیل شدند. براین اساس غالب مطالعات موردبررسی، کاربرد واقعیت مجازی در شبیه‌سازی مهارت‌های جراحی و آموزشی گوش و حلق و بینی را مطرح کرده بودند. درحالی‌که مقالات در حوزه شنوایی شناسی، با ۳ محور عمده شبیه‌سازی‌های آزمون شنوایی، آموزش آناتومی گوش و شبیه‌سازی تجویز و تنظیم سمعک سهم کمتری از مطالعات را داشتند.

نتیجه‌گیری گستردگی مطالعات از منظر نوع فناوری و حوزه اثرگذاری در آموزش‌های شنوایی شناسی و گوش و حلق و بینی، در کنار تأکید مطالعات بر اثربخشی آن در رضایت فراگیران و کاهش خطاهای مرتبط با آموزش، برنامه‌ریزی برای توسعه و ارزیابی بیشتر این فناوری‌ها با هدف بهبود یادگیری عملی دانشجویان و ایجاد فرصت‌های آموزشی نوین را مورد توجه قرار می‌دهد.

کلیدواژه‌ها فناوری غوطه‌ور، واقعیت مجازی، واقعیت افزوده، شبیه‌سازی، شنوایی شناسی، گوش و حلق و بینی

تاریخ دریافت: ۱۷ تیر ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۲۴ تیر ۱۴۰۴

تاریخ انتشار: ۰۱ مهر ۱۴۰۴

* نویسنده مسئول:

دکتر آزاده برنا

نشانی: تهران، دانشگاه علوم پزشکی ایران، دانشکده علوم توانبخشی، گروه شنوایی شناسی.

تلفن: ۷۷۱۵۹۵۲۵ (۲۱) ۹۸+

رایانامه: bornaaudio@gmail.com



Copyright © 2025 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 و اهداف

با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در استفاده از فناوری‌های غوطه‌ور در آموزش پزشکی، همچنان شکاف‌های قابل توجهی در مطالعات موجود دیده می‌شود. به‌ویژه در حوزه‌های شنوایی‌شناسی و گوش و حلق و بینی، مرورهای پیشین عمدتاً بر کاربردها یا جنبه‌های خاصی از این فناوری‌ها تمرکز داشته‌اند و تاکنون بررسی جامعی از انواع رویکردها، ابزارها و تجربیات کاربران ارائه نشده است. وونگ و همکاران در یک مرور نظام‌مند، واقعیت افزوده را ابزاری مؤثر در شبیه‌سازی جراحی‌های گوش و حلق و بینی با هدف آموزش به فراگیران و همچنین دستیار هوشمند جراح معرفی کردند [۷].

همچنین در حوزه آموزش شنوایی‌شناسی نیز تلاش‌هایی صورت گرفته است. از جمله در مطالعات زولکارنین و همکاران، آلانازی و نیکلسون و موریسون-توماس [۸-۱۰]. با توجه به سرعت بالای توسعه و عرضه محصولات جدید در این زمینه، ضرورت انجام مرورهای جامع و به‌روز برای شناخت بهتر وضعیت فعلی و شناسایی شکاف‌های دانش احساس می‌شود. هدف اصلی این مرور محدود، بررسی جامع منابع موجود درباره رویکردهای مبتنی بر شبیه‌سازی مورد استفاده در آموزش حوزه‌های شنوایی‌شناسی و گوش و حلق و بینی است. این مطالعه می‌کوشد با ارائه تصویری کلی از رویکردها، ابزارهای معرفی شده و تجربیات کاربران، آگاهی جامعی از کاربردها، انواع و محدودیت‌های این فناوری‌ها ارائه دهد.

به دلیل تنوع و گستردگی تحقیقات، تعیین رویکرد پژوهشی مناسبی که بتواند با تأیید یا به چالش کشیدن یافته‌های قبلی، شکاف‌های موجود در دانش را به‌درستی شناسایی کند، دشوار شده است. از این‌رو در این مطالعه از مرور محدوده استفاده شده است و علی‌رغم جست‌وجوی نظام‌مند، تلاش شده است با نگاهی کلی، انواع متفاوت مقالات مرتبط جمع‌آوری و در مراحل مختلف بررسی شوند.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌عنوان یک مرور محدوده براساس دستورالعمل‌های رسمی چک‌لیست پریزما^۱ ویژه مطالعات مرور محدوده [۱۱] طراحی و اجرا شد (تصویر شماره ۱). این نوع مرور برای ترسیم گستره، ماهیت و ویژگی‌های شواهد موجود در حوزه مورد نظر، به‌ویژه در زمینه‌هایی که مطالعات اولیه متنوع و پراکنده هستند، مناسب است.

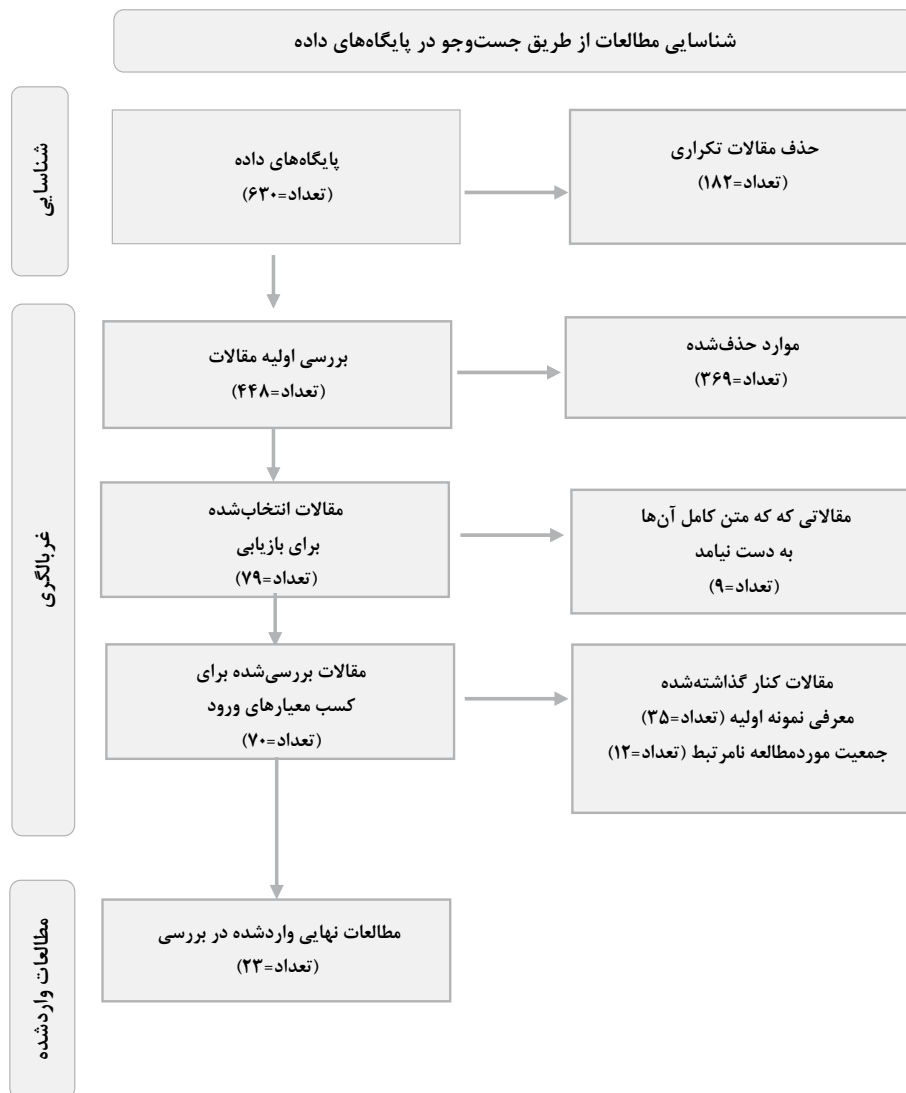
پیشرفت‌های چشمگیر و رو به رشد فناوری‌های نوین، به‌ویژه هوش مصنوعی^۱ و فناوری‌های غوطه‌ور^۲، مانند واقعیت مجازی^۳ و واقعیت افزوده^۴، در دهه اخیر تأثیرات گسترده‌ای بر آموزش پزشکی داشته است [۱]. این مجموعه فناوری‌ها قادرند با ایجاد محیط‌های مجازی یا افزوده، کاربران را در تجربه‌ای تعاملی و واقع‌گرایانه غوطه‌ور کنند. انواع مورد توجه این فناوری‌ها تا کنون، واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و واقعیت ترکیبی^۵ را شامل می‌شود. ترکیب کلی از این فناوری‌ها واقعیت تعمیم‌یافته^۶ را شکل می‌دهد. در واقعیت مجازی، کاربران با استفاده از عینک‌های مخصوص^۷، وارد محیطی کاملاً مجازی می‌شوند که امکان تعامل با اشیاء و سناریوهای مختلف را فراهم می‌کند [۲]. واقعیت افزوده با افزودن عناصر دیجیتال به دنیای واقعی، تجربه کاربر را غنی‌تر می‌کند. واقعیت ترکیبی نیز ترکیبی از واقعیت مجازی و واقعیت افزوده است که تعامل بین دنیای واقعی و مجازی را ممکن می‌کند [۳].

در سال‌های اخیر، این فناوری‌ها توانسته‌اند با ارائه محیط‌های تعاملی و شبیه‌سازی‌های واقع‌گرایانه، فرصت‌های بی‌نظیری را برای یادگیری و تمرین مهارت‌های بالینی فراهم کنند و در حوزه آموزش پزشکی مورد توجه قرار گیرند؛ به‌ویژه در حوزه‌های تخصصی مانند شنوایی‌شناسی و گوش و حلق و بینی^۸ که نیازمند درک عمیق از ساختارهای پیچیده آناتومی و مهارت‌های دقیق بالینی هستند، بهره‌گیری از این فناوری‌ها می‌تواند نقش بسزایی در ارتقای کیفیت آموزش ایفا کند [۴].

آموزش در حوزه شنوایی‌شناسی و گوش و حلق و بینی علاوه بر لزوم ارائه مجموعه‌های آموزشی چندرسانه‌ای جهت آشنایی هرچه بیشتر با ویژگی‌های آناتومی که گاه نیازمند استفاده از مولژها و یا ابزارهای کالبدشناسی است [۵]، در عمده روش‌های ارزیابی، تشخیص، درمان و توان‌بخشی نیازمند کسب تجربه و تمرین‌های مهارتی است که با وجود سازوکارهای دقیق و سخت‌گیرانه در رعایت حقوق بیماران و تلاش‌ها و نظارت‌های اساتید، همواره با خطر بروز خطا همراه است. بنابراین به نظر می‌رسد نقش این فناوری‌ها در آموزش مؤثر و ایمن فراگیران حوزه شنوایی‌شناسی و گوش و حلق و بینی قابل توجه باشد. این موضوع توجه محققان را جلب کرده و مطالعات متنوعی در این حوزه انجام شده است [۶].

1. Artificial Intelligence (AI)
2. Immersive
3. Virtual Reality (VR)
4. Augmented Reality (AR)
5. Mixed Reality (MR)
6. Extended Reality (XR)
7. Headset
8. Ear, Nose and Throat (ENT)

9. Prisma-Scr (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Extension for Scoping Reviews)



طب توانبخشی

تصویر ۱. فلوچارت پریزما

راهنمای جست و جو

انتخاب مقالات

فرایند انتخاب مطالعات براساس غربالگری سه مرحله ای و توسط ۲ ارزیاب مستقل انجام شد. در مرحله اول، عنوان و چکیده تمامی مقالات براساس معیارهای ورود و خروج بررسی شد. در مرحله دوم، متن کامل مقالات منتخب توسط ارزیابان بازبینی شد تا تطابق با اهداف مطالعه تأیید شود. هرگونه اختلاف نظر میان ارزیابان با بحث و اجماع و در صورت لزوم با نظر داور سوم، برطرف شد. در مرحله سوم، داده های مقالات نهایی در قالب یک فرم استخراج از پیش طراحی شده توسط تیم تحقیق، جمع آوری و تحلیل شدند.

پایگاه های داده ام بیس^{۱۰}، آی ترپل^{۱۱} و پابمد^{۱۲} با استفاده از معادل های واژگان شنوایی شناسی، گوش و حلق و بینی در ترکیب با عباراتی مانند فناوری فراگیر، واقعیت مجازی، واقعیت افزوده، واقعیت توسعه یافته، آموزش، آموزش پزشکی، یادگیری، و دانشجو، در بازه زمانی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ جست و جو شدند. تمام مقالات به نرم افزار مدیریت منابع اندنوت (نسخه ۲۱) منتقل و موارد تکراری حذف شدند. تمام انواع مطالعات پژوهشی و همچنین مقالات کنفرانسی، باتوجه به ارائه بسیاری از فناوری های جدید و رویکردها در این دست مقالات، در این مطالعه وارد شدند.

10. EMBASE
11. IEEE
12. PubMed

معیارهای ورود مطالعات

مطالعات اولیه منتشر شده پیش از ژانویه ۲۰۲۵ که متن کامل آن‌ها به زبان انگلیسی در دسترس بود و در آن‌ها ابزار یا روش‌های مبتنی بر انواع فناوری‌های غوطه‌ور در حوزه شنوایی‌شناسی و یا گوش و حلق و بینی معرفی و یا استفاده شده بود، در این مطالعه وارد شدند.

تحلیل و سنتز داده‌ها

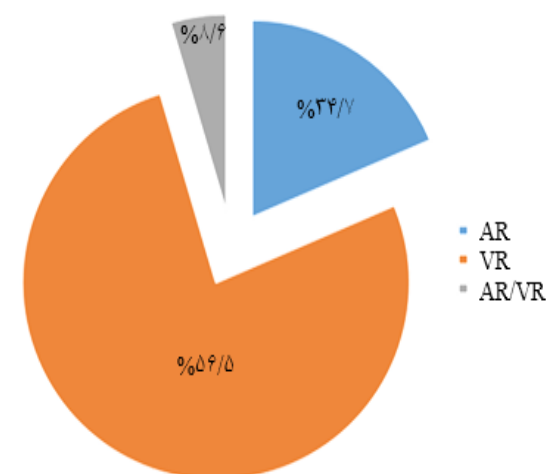
داده‌های استخراج‌شده براساس روش تحلیل توصیفی دسته‌بندی شدند. یافته‌ها باتوجه به مفاهیم، موضوعات و رویکردهای تحقیقاتی طبقه‌بندی و با استفاده از نمودارهای توصیفی ارائه شدند.

یافته‌ها

در فرایند جست‌وجوی نظام‌مند این مطالعه، مجموعاً ۶۳۰ مقاله به دست آمد. پس از حذف موارد تکراری و ارزیابی اولیه عناوین و چکیده‌ها براساس معیارهای ورود و خروج، ۲۳ مقاله برای بررسی متن کامل انتخاب شدند (**تصویر شماره ۱**).

ویژگی‌های مطالعات

در اکثریت مطالعات وارد شده، فناوری واقعیت مجازی غالباً به‌منظور اهداف آموزشی مورد استفاده قرار گرفته است (۵۶/۵ درصد) (**تصویر شماره ۲**). باتوجه به اینکه واقعیت مجازی به‌عنوان فناوری پیشگام در میان فناوری‌های غوطه‌ور شناخته می‌شود و از سابقه طولانی‌تری نیز برخوردار است، مشاهده چنین نتایجی دور از انتظار نبود. علاوه بر این، قابلیت واقعیت مجازی در جداسازی فرد از محیط پیرامون، در برخی اهداف آموزشی به‌عنوان یک مزیت تلقی می‌شود و می‌توان بخشی از استقبال صورت گرفته از این فناوری را به این ویژگی نسبت داد.



تصویر ۲. پراکندگی فناوری‌های به‌کاررفته در مقالات AR: واقعیت افزوده، VR: واقعیت مجازی، AR/VR: واقعیت افزوده و مجازی

واقعیت افزوده در ۳۴/۷ درصد مقالات موردبررسی و واقعیت ترکیبی تنها در ۲ مقاله (۸/۶ درصد) مورد استفاده قرار گرفته بود (**تصویر شماره ۲**) که ورود فناوری‌های جدیدتر به آموزش در حوزه‌های مورد بررسی را نشان داد. همچنین روند رو به رشد مقالات در سال‌های اخیر نشان‌دهنده توجه پژوهشگران به این فناوری‌ها و کاربرد آن‌ها در آموزش است.

در شنوایی‌شناسی، مطالعات عمدتاً بر ۳ زمینه اساسی تأکید داشتند:

شبیه‌سازهای آزمون شنوایی‌شناسی

این شبیه‌سازها، محیطی کنترل شده برای تمرین مهارت‌های ارزیابی شنوایی فراهم می‌کنند و به دانشجویان اجازه می‌دهند بدون نگرانی از رخداد خطا، تکنیک‌ها و روش‌های تشخیصی را به‌صورت عملی تمرین کنند [۱۲].

آموزش آناتومی شنوایی‌شناسی

فناوری‌های غوطه‌ور امکان مشاهده سه‌بعدی و تعاملی ساختارهای پیچیده گوش داخلی و مسیرهای شنوایی را میسر می‌کنند و دانشجویان می‌توانند با استفاده از این فناوری، درک عمیق‌تر و دقیق‌تری از ساختارها و روابط آناتومیک پیدا کنند [۶].

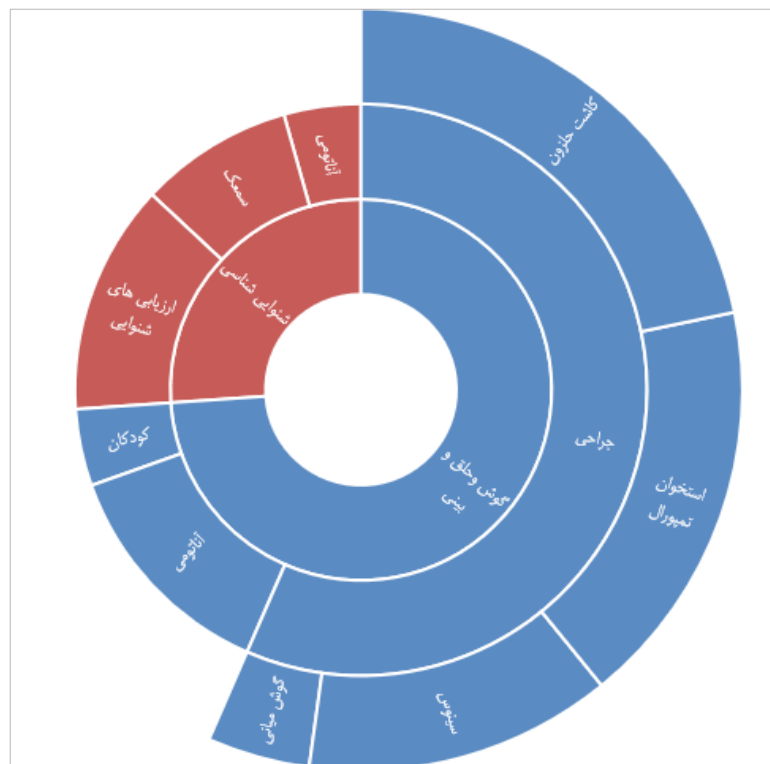
تنظیم و شبیه‌سازی سمعک

برخی مطالعات به حوزه ارزیابی، انتخاب و تنظیم سمعک پرداخته‌اند و با شبیه‌سازی این فرایندها، شرایطی را فراهم کرده‌اند که دانشجویان مهارت‌های بالینی لازم در زمینه تجویز و تنظیم سمعک را به‌صورت عملی تقویت کنند [۱۳].

یافته‌های این مرور نشان می‌دهد در حوزه گوش و حلق و بینی، بیشترین کاربرد فناوری‌های غوطه‌ور به شبیه‌سازی جراحی اختصاص داشته است [۱۴]. بخش عمده‌ای از مطالعات، به‌ویژه بر شبیه‌سازهای جراحی استخوان گیجگاهی متمرکز بوده‌اند که این امر بیانگر پیچیدگی بالا و نقش حیاتی این جراحی در فرایند آموزش متخصصان گوش و حلق و بینی است [۱۵]. این شبیه‌سازها فضایی ایمن و تعاملی برای تمرین مهارت‌های جراحی بسیار دقیق در نزدیکی ساختارهای حساس و حیاتی، از جمله عصب صورتی را فراهم می‌کنند و به فراگیران امکان می‌دهند بدون نگرانی از آسیب به بیمار واقعی، ظرفیت‌های بالینی خود را بهبود دهند [۱۶].

علاوه بر جراحی استخوان گیجگاهی، مطالعات دیگری نیز به شبیه‌سازی جراحی‌های عمومی گوش و حلق و بینی پرداخته‌اند که این مطالعات طیف متنوعی از مداخلات جراحی حوزه گوش، حلق و بینی را شامل می‌شوند. جراحی سینوس یکی دیگر از موضوعات پرتکرار در مطالعات بوده که در آن شبیه‌سازها عمدتاً بر آموزش روش‌های درون‌نگاری^{۱۳} تمرکز داشته‌اند [۱۷]. شبیه‌سازهای جراحی گوش میانی و شبیه‌سازهای مربوط به کاشت حلزون نیز به ترتیب به تمرین و مدل‌سازی جراحی‌های دقیق در فضای محدود گوش میانی و آموزش روند پیچیده کاشت حلزون گوش اختصاص یافته‌اند [۱۸].

13. Endoscopy



تصویر ۳. پراکندگی حوزه‌های کاربرد فناوری‌های غوطه‌ور در مطالعات

افزون‌براین استفاده از مدل‌های سه‌بعدی تعاملی برای آموزش ساختارهای آناتومیک پیچیده سر و گردن نیز در برخی مطالعات برجسته بوده و فراگیران را قادر ساخته تا مشاهده و شناخت عمیق‌تری از آناتومی این ناحیه به دست آورند [۱۹].

یافته‌های این مرور نشان می‌دهد با وجود پتانسیل قابل توجه فناوری‌های غوطه‌ور در بهبود آموزش شنوایی‌شناسی و گوش و حلق و بینی، همچنان شکاف‌های مهمی در بهره‌گیری حداکثری از این فناوری‌ها، به‌ویژه در حوزه شنوایی‌شناسی و برخی شاخه‌های تخصصی گوش و حلق و بینی مشاهده می‌شود [۱۲].

در بیش از نیمی از مطالعات موردبررسی، روش ارزیابی کارآمدی ابزار معرفی‌شده، نظرسنجی فراگیران و یا ارزیابی عملکرد آن‌ها بوده است. در مجموع، مرور مطالعات نشان می‌دهد تمرکز عمده مطالعات موجود بر شبیه‌سازهای مبتنی بر واقعیت مجازی برای آموزش مهارت‌های جراحی در حوزه گوش و حلق و بینی قرار دارد. اگرچه قابلیت‌های فناوری‌های غوطه‌ور در آموزش شنوایی‌شناسی نیز شناسایی شده‌اند، اما تعداد مطالعات در این حوزه، به‌ویژه در مقایسه با گوش و حلق و بینی، همچنان محدود بوده و کاربردهای مورد مطالعه عمدتاً به شبیه‌سازی آزمون‌های پایه و آناتومی محدود می‌شود (تصویر شماره ۳) [۶، ۲۰، ۲۱]. این امر نشان‌دهنده وجود فرصت‌های گسترده و ضرورت پژوهش‌های بیشتر در زمینه استفاده از این فناوری‌ها در آموزش شنوایی‌شناسی و سایر زمینه‌های تخصصی گوش و حلق و بینی است.

بحث

بهبود عملکرد معنادار فراگیران و ابراز رضایت از آرامش روانی در مواجهه با موقعیت‌های واقعی با استفاده از شبیه‌سازهای واقعیت مجازی [۲۴]، توانمندی بالاتر در درک فضایی و مکان‌یابی ارگان‌های حیاتی حین جراحی با کمک فناوری‌های دستیار آموزشی واقعیت افزوده در مطالعات مرتبط با جراحی‌های گوش و حلق و بینی مورد تأکید قرار گرفته است.

در آموزش شنوایی‌شناسی، استفاده از فناوری‌های غوطه‌ور، به‌ویژه در کشورهای توسعه‌یافته به‌عنوان بخشی از بسته آموزشی استاندارد به‌طور روزافزون در حال گسترش است. در سال ۲۰۱۸، تای و همکاران نشان دادند رویکردهایی نظیر شبیه‌ساز ویدئویی، ایفای نقش با بیماران استاندارد و شبیه‌سازی تعاملی، به تقویت مهارت‌های ارتباطی، تصمیم‌گیری بالینی و آمادگی برای مواجهه با موارد واقعی کمک می‌کند [۲۵]. بااین‌حال یافته‌ها نشان می‌دهد کاربرد فناوری‌های غوطه‌ور در آموزش شنوایی‌شناسی به‌مراتب محدودتر از گوش و حلق و بینی بوده و عمدتاً به ۳ زمینه شبیه‌سازی آزمون‌های شنوایی، آموزش آناتومی سیستم شنوایی، و تمرین تنظیم سمعک محدود می‌شود.

ماهیت غیرتهاجمی عمده فرایندهای بالینی شنوایی‌شناسی، مقرون‌به‌صرفه بودن کاربرد این فناوری‌ها را با سؤال مواجه کرده است. عمده توسعه‌دهندگان فناوری‌های نوین در تلاش برای ارائه ابزارهایی به‌عنوان دستیار شنوایی‌شناس بوده‌اند که از هدف این مطالعه خارج است. بااین‌حال روند مطالعات نشان‌دهنده افزایش بیش‌ازپیش پژوهش‌های مبتنی بر روش‌های آموزش نوین در شنوایی‌شناسی بالینی با هدف مهارت‌افزایی و همچنین فراهم کردن امکان مواجهه با سناریوهای نادر، برای افزایش توانمندی مدیریت بیماران و اعتمادبه‌نفس فراگیران در موقعیت‌های متفاوت بالینی است. مرور نظام‌مند انجام‌شده توسط آلانازی نشان می‌دهد هرچند تعداد مطالعات اندک است، اما همین پژوهش‌ها اثربخشی بالای فناوری‌های شبیه‌سازی را در بهبود اعتمادبه‌نفس و مهارت عملی دانشجویان شنوایی‌شناسی تأیید می‌کنند [۸]. افزون‌برآن، پژوهش‌های آندره و همکاران نقش مؤثر شبیه‌سازی را در ارتقای مهارت‌های مشاوره‌ای و تعاملات بالینی در شنوایی‌شناسی تبیین کرده است [۲۶].

اکثر مطالعات بر نتایج کوتاه‌مدت، مانند افزایش درک تئوری و اعتمادبه‌نفس دانشجویان متمرکز بوده‌اند، درحالی‌که تأثیر بلندمدت این فناوری‌ها در ابعاد ماندگاری یادگیری، نتایج درمانی و پذیرش حرفه‌ای هنوز به‌طور کامل ارزیابی نشده است. آینده‌پژوهی در این حوزه باید متکی بر طراحی‌های دقیق‌تر مثل کارآزمایی‌های تصادفی کنترل‌شده و ارزیابی‌های مبتنی بر شواهد باشد تا ابعاد کاربردی و اثربخشی فناوری‌های غوطه‌ور را به‌روشنی تبیین کند.

بررسی محدوده کاربرد فناوری‌های غوطه‌ور در آموزش دستیاران گوش و حلق و بینی و فراگیران شنوایی‌شناسی، گستردگی کاربرد انواع فناوری‌ها را نشان داد. پزشکی از راه دور و استفاده از فناوری‌های جدید، به‌ویژه پس از دوره همه‌گیری کرونا بسیار مورد توجه قرار گرفت [۲۲]. شبیه‌سازهای آموزشی، یک محیط امن و کنترل‌شده را برای کسب تجربه‌های بالینی با استفاده از سناریوهای واقع‌گرایانه در اختیار فراگیران قرار می‌دهد [۲]. این امکان در مواردی که کسب تجربه و مهارت‌آموزی با امکان رخداد خطاهای پزشکی همراه است، فرصتی مغتنم در آموزش است. حجم مقالات مرتبط با آموزش فرایندهای جراحی مؤید این مطلب است. این مطالعات بر کاهش ریسک‌های بالینی، افزایش مهارت‌های جراحی دستیاران تخصصی و ارتقای رضایت فراگیران از نظام آموزشی متمرکز شده‌اند. بیشترین تمرکز پژوهش‌ها بر شبیه‌سازی جراحی‌های استخوان گیجگاهی است که بیانگر اهمیت بالای این نوع جراحی و پیچیدگی تکنیکی آن در تربیت متخصصان گوش و حلق و بینی است. این شبیه‌سازها امکان تمرین دقیق و امن تکنیک‌های جراحی، به‌ویژه نزدیک ساختارهای حساس، مانند عصب صورتی را فراهم می‌کنند. بهبود مهارت‌های جراحی، دقت و دانش فراگیران در مطالعه ابوهمیلا و همکاران که با استفاده از واقعیت افزوده انجام شد، مورد تأیید است [۲۳]. شبیه‌سازی جراحی گوش میانی و کاشت حلزون فرصت تکرار و تمرین جراحی‌های حساس، همچون نصب و تنظیم الکترودهای حلزونی در فضای محدود گوش داخلی را در یک محیط کنترل‌شده در اختیار فراگیران قرار داده و علاوه بر افزایش مهارت در شرایط کم‌استرس، امکان تجربه سناریوهای کم‌تکرار را نیز فراهم می‌کند. استفاده از مدل‌های تعاملی آناتومی، آموزش ساختارهای پیچیده سر و گردن را ساده کرده و رضایت فراگیران را به همراه داشته است.

درحالی‌که بیشتر تحقیقات به شبیه‌سازی جراحی و آموزش مهارت‌های جراحی با فناوری واقعیت مجازی پرداخته‌اند، سهم مطالعات مرتبط با آموزش آناتومی، شبیه‌سازی تست‌های شنوایی‌شناسی و تجویز سمعک و انواع وسایل کمک شنیداری اندک بوده است. این درحالی است که مرور محدوده حاضر نشان می‌دهد فناوری‌های غوطه‌ور، به‌ویژه واقعیت مجازی و واقعیت افزوده، به‌تدریج به ابزارهای نوآورانه و مؤثر در آموزش علوم پزشکی تبدیل می‌شوند و کاربرد آن‌ها در حوزه‌های شنوایی‌شناسی و گوش و حلق و بینی پیوسته در حال توسعه است. بااین‌حال علی‌رغم این پتانسیل‌ها، میزان استفاده از فناوری‌های غوطه‌ور در آموزش شنوایی‌شناسی به‌مراتب کمتر از حوزه گوش و حلق و بینی است و بیشتر به حوزه‌هایی نظیر آموزش آناتومی گوش داخلی، شبیه‌سازی آزمون‌های ارزیابی شنوایی و تنظیم سمعک محدود شده است.

محدودیت‌ها

این مرور محدوده با هدف شناسایی و ترسیم گستره مطالعات موجود در زمینه فناوری‌های غوطه‌ور در آموزش شنوایی‌شناسی و گوش و حلق و بینی انجام شده است و ارزیابی کیفیت مطالعات وارد شده را شامل نمی‌شود. علت عدم بررسی کیفیت این بوده است که هدف اصلی مطالعه، ارائه تصویری کلی از وضعیت تحقیقات موجود و شناسایی خلأهای دانش در این حوزه بوده، نه تحلیل عمیق و جزئی‌نگر هر مطالعه. این رویکرد می‌تواند به‌عنوان گام اولیه‌ای برای انجام پژوهش‌های آینده با تمرکز بر ارزیابی دقیق‌تر کیفیت و اثرگذاری مطالعات مورد استفاده قرار گیرد.

همچنین محدود کردن انتخاب منابع به مقالات منتشر شده به زبان انگلیسی که به دلیل دسترسی گسترده‌تر به داده‌های علمی به زبان انگلیسی و هماهنگی بیشتر با جامعه علمی بین‌المللی انجام شده است، از دیگر محدودیت‌های این مطالعه به شمار می‌رود. با این حال ممکن است برخی مطالعات مرتبط که به زبان‌های دیگر منتشر شده‌اند در این مرور لحاظ نشده باشند. بنابراین برای تکمیل یافته‌های این مطالعه، انجام پژوهش‌هایی که منابع علمی منتشر شده به زبان‌های مختلف را نیز مد نظر قرار دهند، می‌تواند سودمند باشد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مقاله یک مرور دامنه است و هیچ نمونه انسانی و حیوانی ندارد. هیچ ملاحظات اخلاقی در نظر گرفته نشده است.

حامی مالی

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

مشارکت‌نویسندگان

همه نویسندگان به‌طور یکسان در مفهوم و طراحی مطالعه، جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها، تفسیر نتایج و تهیه پیش‌نویس مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

در نهایت، باتوجه به توسعه روزافزون فناوری‌های نوین و تمایل نظام آموزش سلامت به روش‌های مبتنی بر تجربه و شبیه‌سازی، سرمایه‌گذاری هدفمند در توسعه، بومی‌سازی و ارزیابی فناوری‌های غوطه‌ور در آموزش شنوایی‌شناسی و گوش و حلق و بینی، نه تنها یک نیاز جدی است، بلکه می‌تواند اثربخشی آموزش، رضایت فراگیران و آمادگی حرفه‌ای آن‌ها را به شکل چشمگیری بهبود بخشد و ظرفیت نظام آموزشی را برای پاسخ‌گویی به چالش‌های جدید بالینی ارتقا دهد.

نتیجه‌گیری

فناوری‌های غوطه‌ور ظرفیت چشمگیری برای تحول آموزش در حوزه‌های شنوایی‌شناسی و گوش، حلق و بینی دارند. این فناوری‌ها، به‌ویژه در آموزش مهارت‌های جراحی پیچیده در گوش و حلق و بینی بسیار مؤثر عمل کرده‌اند، جایی که فراهم کردن محیط‌های یادگیری ایمن، تعاملی و کنترل‌شده برای تمرین عملی اهمیت بالایی دارد. هرچند استفاده از شبیه‌سازی در آموزش شنوایی‌شناسی پیشینه نسبتاً طولانی دارد، اما بهره‌گیری از فناوری‌های غوطه‌ور برای آموزش مهارت‌های تخصصی، فنی و تشخیصی در این حوزه هنوز در مراحل آغازین است و نیازمند تلاش‌های بیشتری برای توسعه و پژوهش است.

به منظور بهره‌برداری همه‌جانبه از پتانسیل فناوری‌های غوطه‌ور در تحول آموزش بالینی، مطالعات آینده باید بر رفع شکاف‌های موجود متمرکز شوند. این امر شامل انجام پژوهش‌های گسترده‌تر در زمینه شنوایی‌شناسی و توسعه کاربرد این فناوری‌ها فراتر از حوزه‌هایی نظیر آزمون‌های پایه و آموزش آناتومی است. همچنین بررسی عمیق‌تر ظرفیت‌های واقعیت افزوده و فناوری‌های ترکیبی و طراحی مطالعات با روش‌شناسی قوی‌تر برای ارزیابی مقایسه‌ای اثربخشی این فناوری‌ها با روش‌های آموزشی سنتی و تحلیل پیامدهای بلندمدت آن‌ها ضرورت دارد.

علاوه بر این پژوهش درخصوص جنبه‌های گوناگون کاربرد فناوری‌های غوطه‌ور، مانند نحوه طراحی سناریوهای آموزشی مؤثر، ادغام بازخورد پویا و سازنده و آموزش مدیریت خطا در محیط‌های شبیه‌سازی شده، نقش مهمی در بهینه‌سازی تأثیر آموزشی این فناوری‌ها ایفا می‌کند. همچنین پرداختن به چالش‌های عملی، نظیر هزینه تأمین تجهیزات، دسترسی برابر و امکان‌پذیری اجرای این فناوری‌ها در مراکز آموزشی مختلف، می‌تواند زمینه‌ساز پذیرش گسترده‌تر آن‌ها در سیستم آموزش پزشکی و سلامت در سراسر جهان باشد.

در مجموع گسترش پژوهش‌ها و بهبود زیرساخت‌ها در این زمینه، می‌تواند نقش فناوری‌های غوطه‌ور را در ارتقای کیفیت آموزش، آمادگی حرفه‌ای و موفقیت دانشجویان علوم پزشکی بیش از پیش تقویت کند.

References

- [1] Sriram A, Ramachandran K, Krishnamoorthy S. Artificial intelligence in medical education: Transforming learning and practice. *Cureus*. 2025; 17(3):e80852. [DOI:10.7759/cureus.80852] [PMID]
- [2] Liao SC, Shao SC, Gao SY, Lai EC. Augmented reality enhances medical education and improves efficiency. *Medical Education*. 2024; 58(5):586-7. [DOI:10.1111/medu.15340] [PMID]
- [3] Ryan GV, Callaghan S, Rafferty A, Higgins MF, Mangina E, McAuliffe F. Learning outcomes of immersive technologies in health care student education: Systematic review of the literature. *Journal of Medical Internet Research*. 2022; 24(2):e30082. [DOI:10.2196/30082] [PMID]
- [4] Sanderson EA. Evaluating the use of a virtual reality patient simulator as an educational tool in an audiological setting [MA thesis]. Christchurch: University of Canterbury; 2012. [Link]
- [5] Zhao J, Xu X, Jiang H, Ding Y. The effectiveness of virtual reality-based technology on anatomy teaching: A meta-analysis of randomized controlled studies. *BMC Medical Education*. 2020; 20(1):127. [DOI:10.1186/s12909-020-1994-z] [PMID]
- [6] Bakhos D, Galvin J, Aoustin JM, Robier M, Kerneis S, Bechet G, et al. Training outcomes for audiology students using virtual reality or traditional training methods. *Plos One*. 2020; 15(12):e0243380. [DOI:10.1371/journal.pone.0243380] [PMID]
- [7] Wong K, Yee HM, Xavier BA, Grillone GA. Applications of augmented reality in otolaryngology: A systematic review. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*. 2018; 159(6):956-67. [DOI:10.1177/0194599818796476] [PMID]
- [8] Alanazi AA, Nicholson N. The use of simulation in audiology education: A systematic review. *American Journal of Audiology*. 2023; 32(3):640-56. [DOI:10.1044/2023_AJA-23-00054] [PMID]
- [9] Dzulkarnain AA, Wan Mhd Pandi WM, Rahmat S, Zakaria N. Simulated learning environment (SLE) in audiology education: A systematic review. *International Journal of Audiology*. 2015; 54(12):881-8. [DOI:10.3109/14992027.2015.1055840] [PMID]
- [10] Morrison-Thomas H. A systematic review: Teaching clinical communication skills to communication sciences and disorders students [MA thesis]. Christchurch: University of Canterbury; 2023. [Link]
- [11] 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. *BMJ*. 2021; 372:n71. [DOI:10.1136/bmj.n71] [PMID]
- [12] Gerdes J, Schooley B, Sharp D, Miller J. The design and evaluation of a simulation tool for audiology screening education: Design Science Approach. *JMIR Formative Research*. 2025; 9:e47150. [DOI:10.2196/47150] [PMID]
- [13] Compton-Conley CL, Neuman AC, Killion MC, Levitt H. Performance of directional microphones for hearing aids: Real-world versus simulation. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2004; 15(06):440-55. [DOI:10.3766/jaaa.15.6.5] [PMID]
- [14] Huang C, Agrawal SK, Ladak HM. Virtual reality simulator for training in myringotomy with tube placement. *Journal of Medical and Biological Engineering*. 2016; 36:214-25. [DOI:10.1007/s40846-016-0124-1]
- [15] Marciani S, Franz L, Marioni G, de Filippis C, Nicolai P, Zanoletti E. Virtual reality simulation for temporal bone surgery training: A systematic review. *Current Problems in Surgery*. 2025; 66:101738 [DOI:10.1016/j.cpsurg.2025.101738] [PMID]
- [16] Lin WJ, Chang CM, Cheng PC, Lo WC, Huang TY, Wu CW, et al. Real-time surgical simulation training for recurrent laryngeal nerve and facial nerve dissection. *American Journal of Otolaryngology*. 2024; 45(5):104420. [DOI:10.1016/j.amjoto.2024.104420] [PMID]
- [17] Barber SR, Jain S, Son YJ, Chang EH. Virtual functional endoscopic sinus surgery simulation with 3D-printed models for mixed-reality nasal endoscopy. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*. 2018; 159(5):933-7. [DOI:10.1177/0194599818797586] [PMID]
- [18] Copson B, Wijewickrema S, Zhou Y, Piromchai P, Briggs R, Bailey J, et al. Supporting skill acquisition in cochlear implant surgery through virtual reality simulation. *Cochlear Implants International*. 2017; 18(2):89-96. [DOI:10.1080/14670100.2017.1289299] [PMID]
- [19] Iannella G, Pace A, Mucchino A, Greco A, De Virgilio A, Lechien JR, et al. A new 3D-printed temporal bone: 'The SA-PIENS'-specific anatomical printed-3D-model in education and new surgical simulations. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2024; 281(9):4617-26. [DOI:10.1007/s00405-024-08645-6] [PMID]
- [20] Naeve-Velguth S, Christensen SA, Woods S. Simulated patients in audiology education: Student reports. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2013; 24(8):740-6. [DOI:10.3766/jaaa.24.8.10] [PMID]
- [21] Borna A, Mousavi SZ, Fathollahzadeh F, Nazeri A, Harari RE. Applications of augmented and virtual reality in enhancing communication for individuals who are hard of hearing: A systematic review. *American Journal of Audiology*. 2024; 33(4):1378-94. [DOI:10.1044/2024_AJA-24-00056] [PMID]
- [22] Mousavi SZ, Maleki M, Maarefvand M, Borna A. Investigating the effects of face mask on word recognition score test during the covid-19 outbreak: Considerations and limitations. *Journal of Modern Rehabilitation*. 2024; 18(1):55-61. [DOI:10.18502/jmr.181.14729]
- [23] Halimah JA, Mojiri ME, Ali AA, Fagehi AA, Jerah AA, Masmali OM, et al. Assessing the impact of augmented reality on surgical skills training for medical students: A systematic review. *Cureus*. 2024; 16(10):e71221. [DOI:10.7759/cureus.71221]
- [24] Binnersley TW, Richards E, Whittaker JD, Dalton CL. Virtual reality simulation as a tool for ENT Training: An autoethnographic study. *Journal of Surgical Education*. 2025; 82(4):103439. [DOI:10.1016/j.jsurg.2025.103439] [PMID]
- [25] Tai J, Ajjawi R, Boud D, Dawson P, Panadero E. Developing evaluative judgement: enabling students to make decisions about the quality of work. *Higher Education*. 2018; 76:467-81. [DOI:10.1007/s10734-017-0220-3]

- [26] Andre A, Reed A, Ananthakrishnan S, Korczak P. An evaluation of simulation techniques in audiology and allied health professions. American Journal of Audiology. 2021; 30(2):295-308. [\[DOI:10.1044/2021_AJA-20-00190\]](https://doi.org/10.1044/2021_AJA-20-00190) [\[PMID\]](#)