

Realidade aumentada no ensino de anatomia humana: revisão sistemática**Augmented reality in human anatomy education: a systematic review****Realidad aumentada en la educación de anatomía humana: revisión sistemática**

Leonardo Januário Campos Cardoso¹, Enzo Furtado Goulart¹, Kleuber Arias Meireles Martins², Laura Pires de Andrade¹, Pedro Miguel Peres Meira⁴, Antônio Caetano dos Santos Neto³, Túlio Filipe Silveira Leite¹, Arthur Wallace de Oliveira Silva¹, Zilma Silveira Nogueira Reis⁵

1. Acadêmico de Medicina, Departamento de ciências da saúde, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte (MG), Brazil.
2. Acadêmico de Medicina, Departamento de ciências da saúde, Centro Universitário de Belo Horizonte - UNIBH, Belo Horizonte (MG), Brazil.
3. Acadêmico de Medicina, Departamento de ciências da saúde, Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais - FCM-MG, Belo Horizonte (MG), Brazil.
4. Acadêmico de Medicina, Departamento de ciências da saúde, Centro Universitário Atenas – UniAtenas, Belo Horizonte (MG), Brazil.
5. Ph.D. em Ginecologia e Obstetrícia pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Docente do Centro de Informática Médica da Faculdade de Medicina da UFMG, Belo Horizonte (MG), Brazil.

Autor Correspondente: Leonardo Januário Campos Cardoso

E-mail: leonardojccardoso@hotmail.com

Resumo

Objetivo: Avaliar a realidade aumentada (RA) no ensino de anatomia humana para ciências médicas e compará-las aos métodos tradicionais, além de analisar a experiência dos estudantes. **Métodos:** Elaborada com base nas recomendações do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyzes). Fez-se a busca, nas bases de dados estabelecidas, por estudos que comparassem RA com métodos tradicionais no ensino de anatomia. Critérios analisados incluíram avaliações quantitativas e dados como país, tipo de RA e de método tradicional, resultados de testes e características dos alunos. **Resultados:** Onze estudos foram incluídos, com 757 participantes. 49% usaram RA e 51% métodos tradicionais. Dez estudos usaram testes de múltipla escolha, três incluíram identificação de estruturas. Três estudos favoreceram RA, sete não mostraram diferenças e um mostrou desempenho superior do grupo controle em uma parte do teste. **Conclusão:** A RA pode facilitar o aprendizado, no entanto, os resultados não justificam a abolição dos métodos tradicionais que apresentam suas qualidades diferenciais.

Descritores: Realidade aumentada; Anatomia; Educação médica.



Abstract

Objective: To evaluate augmented reality (AR) in teaching human anatomy for medical sciences and compare them to traditional methods, as well as analyze students' experiences. **Methods:** Developed based on PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines. Searches were conducted in established databases comparing AR with traditional methods in anatomy education. Criteria included quantitative evaluations and data such as country, type of AR, traditional method, test results, and student characteristics. **Results:** Eleven studies were included, with 757 participants. 49% used AR and 51% used traditional methods. Ten studies employed multiple-choice tests, and three included structure identification. Three studies favored AR, seven showed no differences, and one demonstrated superior performance of the control group in part of the test. **Conclusion:** AR may facilitate learning; however, it does not justify abolishing traditional methods, which have their distinctive qualities.

Descriptors: Augmented reality; Anatomy; Medical education

Resumen

Objetivo: Evaluar la realidad aumentada (RA) en la enseñanza de anatomía para ciencias médicas y compararla con métodos tradicionales. **Métodos:** Elaborado siguiendo las recomendaciones de PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Se realizaron búsquedas en bases de datos establecidas para comparar RA con métodos tradicionales en la enseñanza de anatomía. Los criterios incluyeron evaluaciones cuantitativas y datos como país, tipo de RA, método tradicional, resultados de pruebas y características de los estudiantes. **Resultados:** Se incluyeron once estudios, con 757 participantes. El 49% utilizó RA y el 51% métodos tradicionales. Diez estudios utilizaron pruebas de opción múltiple, tres incluyeron identificación de estructuras. Tres estudios favorecieron RA, siete no mostraron diferencias y uno mostró un rendimiento superior del grupo de control en una parte de la prueba. **Conclusión:** RA puede facilitar el aprendizaje, sin embargo, no justifica la abolición de los métodos tradicionales que presentan sus cualidades diferenciales.

Descriptores: Realidad aumentada; Anatomía; Educación médica

INTRODUÇÃO

O estudo da anatomia humana é uma grande base do currículo de qualquer estudante de medicina e peça fundamental para qualquer profissional em treinamento. Métodos de dissecação cadavérica foram, historicamente, a principal maneira de acessar e estudar estruturas anatômicas humanas ⁽¹⁾. No entanto, em congruência com a modernização científica e o surgimento de novas tecnologias, diversas técnicas foram adicionadas às convenções para viabilizar um acesso mais simples e direto no aprendizado da anatomia, variando de atlas ilustrados a réplicas artificiais das estruturas anatômicas ⁽²⁾.

A anatomia requer dedicação e esforço para ser assimilada, e um bom método de estudo define não só o sucesso da matéria, como também determina a qualidade de raciocínio médico frente a possíveis diagnósticos⁽³⁾. Nesse sentido, a eficácia dos métodos tradicionais é controversa, e não apresenta consenso quanto a sua



confiabilidade durante a graduação ⁽⁴⁾. Desse modo, novos meios de estudo buscam atender às necessidades de alunos e professores, ao utilizar de dispositivos e sistemas modernos como diferencial ⁽⁴⁾.

Visando, portanto, preencher essa lacuna deixada pelos métodos tradicionais, ganha força a implementação de novas tecnologias interativas como Realidade Virtual (VR), Realidade Mista (RM) e Realidade Aumentada (RA) no estudo da anatomia. Esta última se mostrou mais promissora e relatos de sua aplicação na literatura são mais comuns do que as demais tecnologias ⁽⁵⁾. Esse método mostra benefícios pela forma intuitiva e variada em que pode ser aplicado, e já mostrou resultados positivos até mesmo em procedimentos médicos ⁽⁶⁾. Diante disso, há um aumento massivo do interesse acadêmico em estabelecer uma relação entre o ensino da medicina e o uso da RA.

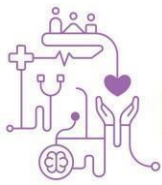
Nesse contexto, o objetivo deste trabalho, é realizar uma revisão bibliográfica abrangente sobre o impacto do uso da realidade aumentada (RA) no ensino de anatomia humana para ciências médicas e compará-las aos métodos tradicionais, além de analisar a experiência dos estudantes. Além disso, pretendemos destacar a escassez de estudos de revisão atualizados sobre este tema, em grande parte devido ao seu recente surgimento na prática da saúde. Portanto, este estudo visa não apenas elucidar as evidências científicas atuais, mas também preencher essa lacuna, contribuindo para pesquisas futuras na área de educação médica e informática em saúde.

METODOLOGIA

Essa revisão sistemática da literatura foi elaborada tendo como base as recomendações do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) ⁽⁷⁾. O objetivo da mesma é avaliar se as tecnologias de realidade aumentada (RA) são úteis no ensino da anatomia humana aplicada às ciências médicas e como essas tecnologias se comparam aos métodos tradicionais de ensino. Um desfecho secundário avaliado foi a experiência dos estudantes com os métodos de ensino. Foram considerados resultados estatisticamente significantes aqueles com valor $p < 0.05$.

Somente foram considerados para inclusão nesta revisão os estudos que atenderam aos seguintes critérios estabelecidos: (1) amostra de acadêmicos de medicina ou cursos de ciências médicas (biomedicina ou pre-med); (2) comparação de tecnologia de RA com métodos tradicionais; (3) aplicação de testes de conhecimentos para avaliar o desempenho dos métodos de ensino usados e relatório dos resultados dos mesmos. Foram excluídos estudos que (1) usavam outra tecnologia que não RA (realidade virtual ou realidade mista); (2) tiveram como amostra estudantes de odontologia, veterinária e ciências biológicas ou médicos já formados; (3) não avaliaram quantitativamente os estudantes após a intervenção; e (4) não estavam disponíveis na íntegra. Não houve restrições quanto ao design do estudo, idioma ou data de publicação.

Para responder à questão da pesquisa, realizou-se a busca bibliográfica das publicações indexadas no PubMed, Scopus, Cochrane Central Register of Controlled Trials e Web of Science. A pesquisa foi feita em março de 2024 por dois autores (LC e EG) de forma independente usando descritores em inglês para formar a seguinte estratégia de busca: "(Anatomy) AND (Augmented Reality) AND (education OR simulation OR training OR student)". Optou-se por usar os operadores booleanos AND



e OR na pesquisa para maximizar a abrangência dos estudos sobre o tema revisado. As referências dos estudos incluídos também foram consultadas manualmente em busca de outros estudos adicionais.

Utilizou-se os softwares de gerenciamento de referências Zotero 6.0.37 e Rayyan® systems para organizar, gerenciar e selecionar as referências bibliográficas coletadas durante a busca e seleção dos estudos incluídos. A triagem dos estudos foi realizada de forma independente por dois revisores (LC e EG), de maneira cega, onde cada revisor tomou suas decisões de inclusão ou exclusão sem conhecimento das decisões do outro revisor. Após o fim da triagem, a cegagem foi removida e as decisões conflitantes foram solucionadas com a opinião de um terceiro revisor (KM).

Após a inclusão, os dados relevantes para esta revisão foram coletados dos estudos individuais por 5 autores (AS, LA, PM, TL e AN) usando uma planilha de extração de dados. As informações coletadas foram: (1) país de realização do estudo; (2) tipo de RA usada no estudo; (3) tipo de método tradicional usado como comparação; (4) método avaliativo; (5) características das amostras (idade, sexo, escolaridade e contato prévio com anatomia); (6) notas nos testes; e (7) experiência dos usuários (quando disponível).

Quando o estudo possuía mais de dois grupos, todos os grupos não usando RA foram considerados como grupo controle. Quando outras medidas de intervenção (como o uso de realidade virtual e mista) foram aplicadas, tais grupos foram desconsiderados, mantendo-se na análise apenas os grupos RA e métodos tradicionais. Além disso, estudos que conduziram testes antes e depois da intervenção, foram considerados apenas os resultados dos testes pós-intervencionais na comparação entre os grupos.

RESULTADOS

Como reportado na Figura 1, a partir da busca nas bases de dados estabelecidas como PubMed, Web of Science, Cochrane Library e Scopus, a pesquisa inicial alcançou um total de 1815 estudos. Após remoção de duplicados e estudos inelegíveis, 28 estudos foram revisados na íntegra com base nos critérios de inclusão.

Destes, um total de 11 estudos foram incluídos, totalizando 757 estudantes de 8 estudos randomizados, 1 estudo piloto e 2 coortes não randomizados. Um total de 371 estudantes (49%) foram submetidos ao uso de tecnologias de RA para aprender conteúdos anatômicos, enquanto os demais 386 estudantes (51%) usaram métodos tradicionais de ensino. As características dos estudos estão disponíveis na Tabela 1.

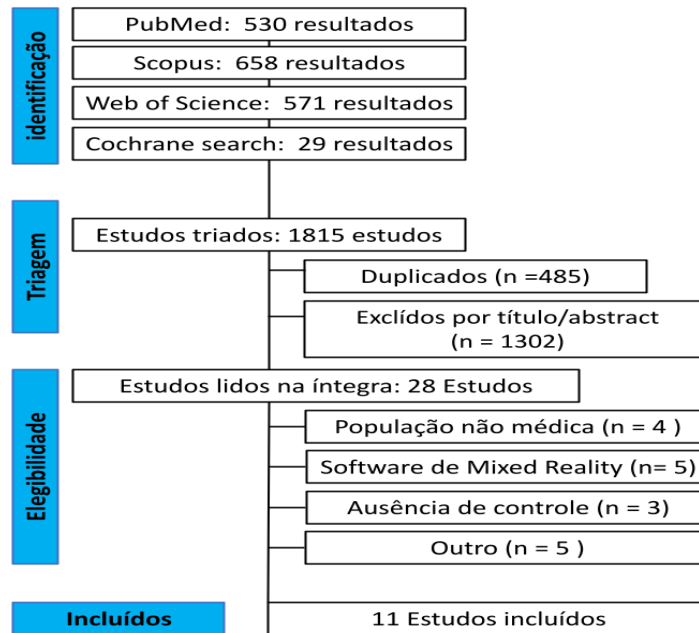
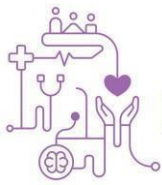


Figura 1. Diagrama PRISMA de triagem e seleção de estudos

Características dos participantes

Os estudos foram conduzidos em diferentes países (ver Tabela 1) e os grupos de participantes apresentaram idades semelhantes. Dos estudos que reportaram a idade dos participantes, as idades médias apresentadas variaram de 18.5 a 24 anos e a idade média da amostra foi de 19.48 anos.

A escolaridade das amostras também foi parecida, sendo a maioria dos estudos (n=9) conduzidos com estudantes do primeiro e/ou segundo ano de cursos de ciências médicas (medicina e biomedicina). Apenas dois estudos^(8,15), apresentaram populações destoantes: estudantes de cursos de pré-medicina dos Estados Unidos e estudantes de cursos de nivelamento do Equador, respectivamente. Quatro estudos reportaram que a população, ou parte dos estudantes, tiveram contato prévio com anatomia, mas esse fator não foi determinante nos resultados dos testes entre os grupos.

Tipos de tecnologias de Realidade Aumentada

No que diz respeito ao tipo de tecnologia de realidade aumentada utilizada, observou-se uma certa heterogeneidade. Os tipos de RA podem ser agrupados em 3 grupos: (1) aplicações desenvolvidas para headsets (n=5), sendo o HoloLens® da Microsoft o headset utilizado em todos esses estudos; (2) "Magic Mirrors" com realidade aumentada, que consistem em projeções de estruturas anatômicas sobre a imagem do usuário capturada em uma tela (n=2); e "Mobile based AR", que consiste no uso da câmera de aparelhos como celulares e tablets para interagir com estruturas virtuais projetadas no ambiente (n=4).

Todos os grupos enquadram-se na definição de RA e, dentro de cada um deles, a tecnologia usada variou em menor grau. Os dados da tecnologia usada em cada estudo estão disponíveis na Tabela 1, assim como os nomes dados a cada uma delas, quando reportado nos estudos.



Controle

Diversos estudos usaram mais de um método comparativo ou então uma combinação de métodos. Seis estudos ^(8, 9, 10, 11, 12, 16) utilizaram livros texto e atlas; seis estudos ^(9, 10, 11, 12, 13, 17) usaram modelos 3D em desktops, tablets, mesas interativas e impressões 3D; dois estudos ^(14, 18) usaram modelos 2D tais como ilustrações em tablets e cortes transversais do estruturas; 2 estudos ^(16, 13) usaram aulas ministradas por professores com apresentações de slides. No estudo de Barmaki et. al. 2019, foi usado um Magic Mirror sem RA. Em Moro et. al. 2017, um grupo que utilizou uma aplicação de realidade virtual foi desconsiderado na análise, como preconizado na metodologia. Um estudo não especificou quais foram os métodos tradicionais usados ⁽¹⁵⁾.

Métodos avaliativos

Os métodos avaliativos consistiram, na grande maioria dos estudos, em questões de múltipla escolha sobre o conteúdo estudado. Um estudo ⁽⁸⁾ usou como avaliação a tarefa de pintar os músculos dos membros superiores e inferiores num colega e outros dois estudos ^(12, 14) incluíram, em uma das etapas das avaliações, questões práticas de identificação de estruturas.

Efeitos no aprendizado

O desfecho primário avaliado foi a nota nos testes avaliativos dos estudantes submetidos à RA em comparação àqueles que usaram métodos tradicionais. Obteve-se os resultados dos testes em medidas de porcentagem de questões corretas. Cada estudo relatou a nota média dos grupos e calculou-se a diferença média entre os mesmos. Dos 11 estudos, 3 apresentaram resultados estatisticamente significativos que favorecem o grupo que usou RA, 7 estudos não demonstraram diferenças significantes entre os grupos e em um estudo ⁽¹⁴⁾ o grupo controle performou significativamente melhor que o grupo com RA em uma das três partes da avaliação, sendo que nas demais, não houve diferença significativa. Os resultados dos estudos foram sintetizados na Tabela 2.

Experiência dos estudantes

Oito estudos reportaram a experiência dos participantes, medida através de questionários e enquetes. Os dados reportados por esses estudos variaram mas, no geral, os participantes avaliaram positivamente a experiência com a RA. Em 4 estudos que relataram as experiências de forma comparativa entre os grupos, os alunos consideraram a RA uma tecnologia superior para o ensino da anatomia. Descreveram esse novo método como mais fácil de usar, mais satisfatório e mais elucidativo. Nos demais estudos (n=4) que coletaram apenas opiniões sobre os métodos de RA sem compará-los com os métodos tradicionais, as opiniões seguiram numa linha semelhante. Relataram que o uso da RA foi benéfico para seu aprendizado, disseram que essa metodologia incentivou-os nos estudos e facilitou a absorção do conteúdo. Em Henssen et. al. 2020, os participantes concluíram que tecnologias de RA podem ser usadas como complementos para os métodos tradicionais, mas sem nunca os substituir. Detalhes sobre as experiências reportadas pelos participantes em cada estudo estão disponíveis na Tabela 2.



Tabela 1 - Caracterização dos estudos segundo ano de publicação, país, intervenção, controle, método avaliativo e número de participantes em cada grupo do estudo. 2024. MMII Membros inferiores, MMSS Membros superiores, RA Realidade aumentada.

Estudo	País/ Design do estudo	Intervenção (RA)	Controle	N (por grupo)	Método Avaliativo
Barmaki, 2019 (8)	Estados Unidos Randomizado	(1) REFLECT - um Magic Mirror com RA	(2) Magic Mirror sem RA e livro texto.	(1) 164 (2) 124	Pintar músculos dos MMSS e MMII num colega.
Bogomolova, 2020 (9)	Holanda Randomizado	(1) Aplicativo para Microsoft HoloLens®	(2) Modelo 3D em desktop (3) Atlas	(1) 20 (2) 20 (3) 18	Teste de 30 questões sobre a anatomia dos MMII
Hidalgo-Cajo, 2021 (15)	Equador Coorte não Randomizado	(1) Aplicativo mobile de RA e camiseta especial para funcionar com o app.	(2) Métodos tradicionais (não especificado)	(1) 31 (2) 31	Teste de 20 questões de múltipla escolha
Bork, 2021 (10)	Alemanha Estudo piloto	(1) Aplicativo para Microsoft HoloLens® (VesARlius)	(2) Atlas e modelos 3D	(1) 8 (2) 8	Testes de múltipla escolha com 20 questões teóricas e 20 questões para medir a capacidade mental de rotação
Bork, 2019 (11)	Alemanha Coorte não randomizado	(1) Magic Mirror com RA	(2) Modelo 3D em mesa interativa (3) Atlas radiográfico	(1) 24 (2) 24 (3) 24	Teste de múltipla escolha
Gnanasegaram, 2020 (13)	Canadá Randomizado	(1) Aplicativo para Microsoft HoloLens®	(2) aula com slides do modelo anatômico 3D (3) olhando os slides no computador	(1) 10 (2) 9 (3) 10	Teste de múltipla escolha de 20 questões sobre anatomia da orelha média e interna
Cercenelli, 2022 (12)	Itália Randomizado	(1) Aplicativo para Microsoft HoloLens® e modelo 3D de crânio	(2) Atlas e mesmo modelo 3D de crânio	(1) 33 (2) 29	Teste de múltipla escolha + Teste prático de identificação de estrutura do crânio
Henssen, 2020 (14)	Holanda Randomizado	(1) Aplicativo Mobile com RA (GreyMapp-AR)	(2) cortes transversais do cérebro	(1)15 (2)16	Teste com 9 questões de relação, 11 de múltipla escolha e 5 de nomear estruturas dos cortes transversais
Kuçuk, 2016 (16)	Turquia Randomizado	(1) Aplicativo Mobile de RA	(2) Aulas com materiais de apresentação tradicionais (incluindo imagens 2D, gráficos e texto) e livro texto	(1) 36 (2) 34	Teste de 30 questões múltipla-escolha
Moro, 2017 (17)	Austrália Randomizado	(1)Aplicativo Mobile com RA .	(2) Aplicativo Mobile sem RA	(1) 17 (2) 22	Teste de 20 questões de múltipla escolha sobre ossos do crânio

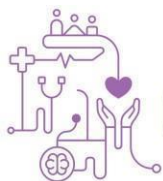


Weeks, 2021 (18)	Estados Unidos Randomizado	(1) Aplicativo para Microsoft HoloLens®	(2) Aplicativo com visualização 2D	(1)15 (2) 15	Teste contendo 5 questões sobre a anatomia da cabeça e pescoço
-------------------------	----------------------------	-----------------------------------------	------------------------------------	-----------------	----------------------------------------------------------------

Tabela 2 - Caracterização dos desfechos dos estudos segundo notas em testes (após experimentos), diferença média, experiência dos estudantes e resultados. 2024. NR desfecho não reportado, RA Realidade aumentada.

* Desvio padrão derivado da análise do gráfico de barra.

Estudo	Notas em testes (% ± DP)	Diferença média	Experiência dos estudantes	Resultados
Barmaki, 2019 (8)	(1) 43,0 ± 28,4 (2) 39,2 ± 28,8	(1-2) 3,8%	NR	Diferença não significativa entre os grupos (p>0,05)
Bogomolova, 2020 (9)	(1) 47,8 ± 9,8 (2) 38,5 ± 14,3 (3) 50,9 ± 13,8	(1-2) 9,3% (1-3) - 3,1%	O grupo RA avaliou sua experiência como mais satisfatória do que os demais grupos (p=0.003); O grupo RA julgou o material de mais fácil uso do que os demais grupos (p=0.009); O grupo RA relatou que recomendaria mais o seu método de estudo para outros colegas do que os demais grupos (p= 0.003)	Diferença não significativa entre os grupos (p>0,05)
Hidalgo-Cajo, 2021 (15)	(1) 79,7 ± 7,97 (2) 27,7 ± 9,57	(1-2) 52%	O grupo experimental avaliou o uso de RA como interessante, favorável e intuitivo. Incentivou o uso de RA e consideraram-no como muito significativo para a aprender anatomia e para o uso na prática médica. Entretanto, consideram difícil a adoção de métodos AR pelos professores.	Grupo RA obteve resultados significativamente melhores (p<0,05)
Bork, 2021 (10)	(1) 50,65 ± 15 (2) 43,75 ± 12,15	(1-2) 6,9%	O sistema VesARlius foi notado como uma ferramenta valiosa para a aprendizagem de anatomia e como um excelente complemento às modalidades existentes com vantagens muito específicas. Todos os alunos consideraram que o sistema apresenta um complemento valioso que deve ser integrado no curso.	Diferença não significativa entre os grupos (p>0,05)
Bork, 2019 (11)	(1) 64,89 ± 19,69 (2) 59,11 ± 16,89 (3) 59,11 ± 16,89	(1-2): 5.75% (1-3): 5.75%	NR	Diferença não significativa entre os grupos (p>0,05)
Gnanasegaram, 2020 (13)	(1) 19,4 ± 0,5 (2) 19,1 ± 1,4	(1-2): 0,3% (1-3): -0,1%	Os alunos deram notas para os métodos de ensino utilizados com base em seu engajamento sendo que método de RA	Diferença não significativa entre os grupos (p>0,05)



	(3) 19,5 ± 0,5		obteve maior nota que as aulas ($p < 0,02$) e os slides apenas ($p < 0,001$)	
Cercenelli, 2022 (12)	Teste de múltipla escolha: (1) 70,5 ± 18,5 (2) 72,7 ± 18 Teste prático: (1) 53% (NR DP) (2) 53% (NR DP)	Teste de múltipla escolha: (1-2) -2,2% Teste prático: (1-2) 0%	82% concordaram que foi uma experiência agradável. A ferramenta de RA foi considerada superior pela maioria dos alunos (73% concordaram) para compreender as estruturas anatômicas, melhorar a aprendizagem e ser útil na prática médica futura (79% concordaram). Além disso, o maior percentual de alunos concordou fortemente (51%) que a ferramenta AEducAR pode ajudá-los a se tornarem mais confiantes com novas tecnologias médicas futuras.	Diferença não significativa entre os grupos ($p > 0,05$)
Henssen, 2020 (14)	(1) 37,3 ± 8,4 (2) 54,3 ± 14	(1-2) -17%	Os estudantes concluíram que avanços tecnológicos como o GreyMapp-AR poderiam ser utilizados como ferramentas de aprendizado complementares, mas nunca devem substituir outros métodos de ensino, como atlas, seções e o uso de espécimes dissecados.	O grupo controle obteve resultados significativamente melhores ($p < 0,05$) nas questões de de nomear estruturas dos cortes transversais; Nas demais tarefas do teste não houve diferença significativa.
Kuçuk, 2016 (16)	(1) 78,14 ± 16,19 (2) 64,34 ± 12,83	(1-2) 13,8%	Os estudantes que utilizaram a RA abordaram que o desempenho deles foi melhor do que normalmente é nos testes da universidade, tendo um ótimo resultado em uma matéria difícil.	Grupo RA obteve resultados significativamente melhores ($p < 0,05$)
Moro, 2017(17)	(1) 62,5 ± 17,1* (2) 66,5 ± 18,5*	(1-2) -4%	Estudantes relataram que o uso da RA permite ver melhor as estruturas, o que passa um sentimento de maior absorção do conteúdo.	Diferença não significativa entre os grupos ($P = 0,874$)
Weeks, 2021 (18)	(1) 95 ± 12,6* (2) 80 ± 19,9*	(1-2) 15%	NR	Grupo RA obteve resultados significativamente melhores ($p = 0,022$)

DISCUSSÃO

Na presente revisão sistemática, foram avaliados 11 estudos que envolveram um total de 757 estudantes da área de ciências médicas. O estudo comparou o ensino da anatomia usando tecnologias de realidade aumentada em relação aos métodos convencionais. Os principais resultados indicaram: (1) que a nota nos testes avaliativos dos estudantes submetidos à RA em comparação àqueles que usaram métodos tradicionais foram similares na maioria dos estudos ($n=8$), não apresentando diferença estatisticamente significativa entre os grupos, sendo que apenas os demais três estudos favoreceram o grupo RA de forma significativa; e (2) os alunos consideraram a RA superior aos métodos tradicionais quanto a capacidade de motivação e engajamento no estudo e elucidação do conteúdo.

Os desfechos quantitativos avaliados condizem com a literatura atual. Uma meta-análise publicada em 2021 sobre o mesmo tema ⁽¹⁹⁾, apesar de incluir apenas 5 estudos, chegou à conclusão de que não há evidências suficientes para concluir que a Realidade Aumentada impacta significativamente o resultado da aprendizagem e que os resultados são influenciados pelas habilidades espaciais dos estudantes.

Apesar da prevalência de notas em testes similares entre os grupos, foram encontrados resultados distintos de acordo com as partes anatômicas, o que pode contribuir para a construção de tecnologias mais assertivas. Sobre isso, Cercenelli et. al. 2022 aponta que o grupo de RA apresentou melhores resultados nas questões sobre a borda posterior do globo ocular e a glândula lacrimal em comparação com o grupo controle ⁽¹²⁾. De modo contrário, Wainman et al. 2019 ⁽²⁰⁾ mostram que intervenções de RA performam pior do que modelos físicos 3D no estudo da anatomia da pelve. As razões por trás destes resultados podem estar relacionadas com a topografia anatômica de cada estrutura avaliada que poderia ser melhor compreendida ora com o método inovador baseado em RA, ora com outros métodos ⁽¹²⁾.

Alguns estudos ainda hipotetizam sobre outras razões por trás dos resultados. De acordo com Bogomolova et. al. 2020, as pontuações em testes de conhecimento semelhantes nos grupos experimento e controle podem ser explicadas pela natureza 2D da avaliação papel-lápis que na verdade estava mais alinhada com o material estudado no grupo do atlas anatômico 2D ⁽⁹⁾. Henssen et. al. 2022 segue na mesma linha de pensamento e afirma que a forma de avaliação conduzida (nomear estruturas em cortes transversais de cérebro), pode ter favorecido o grupo controle que, no estudo em questão, aprendeu anatomia usando cortes transversais ⁽¹⁴⁾. Outra explicação comum nos estudos é a falta de familiaridade com a nova tecnologia, fator que tende a ser superado com o tempo. Moro et. al. 2017 aponta que tais resultados, indicam um papel suplementar da RA na educação anatômica, ideia que pode ganhar força em anos próximos tendo vista a redução do uso de cadáveres em instituições devido a razões econômicas e éticas ^(17, 22).

Em relação à experiência dos alunos, os achados concordam com a literatura vigente que aponta para a utilização de mídias interativas no aprendizado da anatomia como uma tendência comum. Estudos realizados por Hu et al. 2009 ⁽²²⁾ sobre anatomia laríngea e por Keedy et al. 2011 ⁽²³⁾ sobre anatomia hepatobiliar reportaram que a maioria dos participantes relatou altas taxas de satisfação com o uso de softwares com interatividade 3D. Além disso, o engajamento e a motivação na tarefa didática dos estudantes que fizeram uso de tais tecnologias também tende a ser maior ^(2, 24). Em outras áreas como radiologia e odontologia achados semelhantes foram observados ⁽²⁵⁾. Moro et. al. 2017 hipotetiza que esse sentimento geral se dê em razão do "efeito novidade" que tais tecnologias possuem. Weeks et. al 2021, por sua vez, destacou dois mecanismos potenciais que contribuem para o efeito aprimorado da experiência em RA: maior controle e motivação dos alunos devido ao ambiente interativo e melhor compreensão espacial proporcionada pelas dicas estereoscópicas de profundidade fornecidas pela RA. Em concordância com Weeks, Moro et. al. 2017 acrescentou que o uso da Realidade Aumentada possibilita uma visualização mais clara das estruturas anatômicas, contribuindo para uma sensação de maior absorção e compreensão do conteúdo pelos alunos.

Este estudo possui limitações que devem ser consideradas ao interpretar seus resultados. Primeiramente, 3 dos 11 estudos incluídos não foram randomizados, como indicado na Tabela 1, o que pode introduzir vieses inerentes. Houve também notável heterogeneidade no desenho dos estudos incluídos, o que manifestou-se na variedade de tecnologias adotadas, nos diferentes métodos avaliativos e, em menor grau, nas diferenças entre as amostras que, em 4 estudos, ao menos parte dela teve contato prévio com anatomia no curso ^(9, 11, 13, 18).

Com relação ao tipo de RA empregada, buscamos agrupar os estudos que usaram tecnologias semelhantes para facilitar a interpretação dos resultados. Da mesma forma, discriminamos, na Tabela 1 qual foi o método avaliativo usado em cada caso. Portanto, apesar da presente revisão apresentar dados que contribuem para esclarecer o real papel da RA no ensino da anatomia humana, essas limitações reforçam a necessidade de estudos mais padronizados e rigorosos que explorem conteúdos anatômicos e tecnologias de RA variados.

CONCLUSÃO

Os achados desta revisão sistemática da literatura que incluiu mais de 700 estudantes sugerem que o uso de tecnologias de RA pode facilitar o aprendizado em anatomia entre os estudantes de medicina, especialmente em conteúdos que exigem habilidades de visualização espacial para a compreensão das relações anatômicas. No entanto, seu uso não justifica a abolição dos métodos tradicionais que apresentam suas qualidades diferenciais, sendo a RA, portanto, uma importante ferramenta complementar a ser considerada no ensino da anatomia.

Referências:

1. Aziz MA, Mckenzie JC, Wilson JS, Cowie RJ, Ayeni SA, Dunn BK. The human cadaver in the age of biomedical informatics. *The Anatomical Record*. 2002 Feb 15;269(1):20–32.
2. Sugand K, Abrahams P, Khurana A. The anatomy of anatomy: A review for its modernization. *Anatomical Sciences Education*. 2010;3(2):83–93.
3. Smith CF, Mathias HS. What impact does anatomy education have on clinical practice? *Clinical Anatomy*. 2010 Oct 14;24(1):113–9.
4. Wilson AB, Miller CH, Klein BA, Taylor MA, Goodwin M, Boyle EK, et al. A meta-analysis of anatomy laboratory pedagogies. *Clinical Anatomy*. 2017 Jul 6;31(1):122–33.
5. Duarte ML, Santos LR, Guimarães Júnior JB, Peccin MS. Learning anatomy by virtual reality and augmented reality. A scope review. *Morphologie*. 2020 Sep;104(347):254–66.

6. Su S, Wang R, Chen Z, Zhou F, Zhang Y. Augmented reality-assisted versus conventional total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Journal of orthopaedic surgery and research*. 2023 Dec 2;18(1).
7. 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. *British Medical Journal*. 2021 Mar 29;372(71).
8. Barmaki R, Yu K, Pearlman R, Shingles R, Bork F, Osgood GM, et al. Enhancement of Anatomical Education Using Augmented Reality: An Empirical Study of Body Painting. *Anatomical Sciences Education*. 2019 Feb 19;12(6):599–609.
9. Bogomolova K, Ham IJM, Dankbaar MEW, Broek WW, Hovius SER, Hage JA, et al. The Effect of Stereoscopic Augmented Reality Visualization on Learning Anatomy and the Modifying Effect of Visual-Spatial Abilities: A Double-Center Randomized Controlled Trial. *Anatomical Sciences Education*. 2020 Jan 27;13(5):558–67.
10. Bork F, Lehner A, Eck U, Navab N, Waschke J, Kugelmann D. The Effectiveness of Collaborative Augmented Reality in Gross Anatomy Teaching: A Quantitative and Qualitative Pilot Study. *Anatomical Sciences Education*. 2020 Oct 27;
11. Bork F, Stratmann L, Enssle S, Eck U, Navab N, Waschke J, et al. The Benefits of an Augmented Reality Magic Mirror System for Integrated Radiology Teaching in Gross Anatomy. *Anatomical Sciences Education*. 2019 Feb 19;12(6):585–98.
12. Cercenelli L, De Stefano A, Billi AM, Ruggeri A, Marcelli E, Marchetti C, et al. AEducaAR, Anatomical Education in Augmented Reality: A Pilot Experience of an Innovative Educational Tool Combining AR Technology and 3D Printing. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [Internet]. 2022 Jan 1;19(3):1024. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/3/1024>
13. Gnanasegaram JJ, Leung R, Beyea JA. Evaluating the Effectiveness of Learning Ear Anatomy Using Holographic Models. *Journal of Otolaryngology - Head & Neck Surgery*. 2020 Aug 19;49(1).
14. Henssen DJHA, den Heuvel L, De Jong G, Vorstenbosch MATM, Cappellen van Walsum A, Van den Hurk MM, et al. Neuroanatomy Learning: Augmented Reality vs. Cross-Sections. *Anatomical Sciences Education*. 2019 Jul 19;13(3):353–65.
15. Hidalgo Cajo BG, Hidalgo Cajo DP, Montenegro Chanalata MG, Hidalgo Cajo IM. Realidad Aumentada Como Recurso De Apoyo En El Proceso enseñanza-aprendizaje. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*. 2021 Aug 20;24(3).
16. Küçük S, Kapakin S, Göktaş Y. Learning Anatomy via Mobile Augmented reality: Effects on Achievement and Cognitive Load. *Anatomical Sciences Education*. 2016 Mar 7;9(5):411–21.

17. Moro C, Štromberga Z, Raikos A, Stirling A. The Effectiveness of Virtual and Augmented Reality in Health Sciences and Medical Anatomy. *Anatomical Sciences Education*. 2017 Apr 17;10(6):549–59.
18. Weeks JK, Pakpoor J, Park BJ, Robinson NJ, Rubinstein NA, Prouty SM, et al. Harnessing Augmented Reality and CT to Teach First-Year Medical Students Head and Neck Anatomy. *Academic Radiology*. 2020 Aug;
19. Bölek KA, De Jong G, Henssen D. The Effectiveness of the Use of Augmented Reality in Anatomy education: a Systematic Review and meta-analysis. *Scientific Reports*. 2021 Jul 27;11(1).
20. Wainman B, Aggarwal A, Birk SK, Gill JS, Hass KS, Fenesi B. Virtual Dissection: An Interactive Anatomy Learning Tool. *Anatomical Sciences Education*. 2020 Dec 11;
21. Thomas RG, William John N, Delieu JM. Augmented Reality for Anatomical Education. *Journal of Visual Communication in Medicine*. 2010 Mar;33(1):6–15.
22. Hu A, Wilson T, Ladak H, Haase P, Fung K. Three-dimensional Educational Computer Model of the larynx: Voicing a New Direction. *Archives of Otolaryngology--Head & Neck Surgery [Internet]*. 2009 Jul 1 [cited 2023 Oct 26];135(7):677–81. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19620589/>
23. Keedy AW, Durack JC, Sandhu P, Chen EM, O'Sullivan PS, Breiman RS. Comparison of Traditional Methods with 3D Computer Models in the Instruction of Hepatobiliary Anatomy. *Anatomical Sciences Education*. 2011 Mar;4(2):84–91.
24. Di Serio Á, Ibáñez MB, Kloos CD. Impact of an Augmented Reality System on students' Motivation for a Visual Art Course. *Computers & Education [Internet]*. 2013 Oct; 68:586–96. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131512000590>
25. Julijana Vuchkova, Maybury TS, Farah CS. Testing the Educational Potential of 3D Visualization Software in Oral Radiographic Interpretation. *Journal of dental education*. 2011 Nov 1;75(11):1417–25