

Performance effects of simulation training for medical students – a systematic review

Abstract

Objective: Simulation based medical education (SBME) is fast becoming embedded into undergraduate medical curricula with many publications now describing its various modes and student self-reported impacts. This systematic review synthesizes the available literature for evidence of performance effects of SBME as an adjunct within traditional teaching programmes.

Methods: A narrative systematic review was conducted according to PRISMA guidelines using Ovid MEDLINE, EMBASE, and PubMed databases for studies, published in English, reporting on general medical and surgical undergraduate SBME between 2010 to 2020. Two reviewers independently assessed potential studies for inclusion. Methods and topics of simulation with their assessments were evaluated. Descriptive statistics were used to describe pooled student cohorts.

Results: 3074 articles were initially identified using the search criteria with 92 full-text articles then screened for eligibility. Nineteen articles, including nine randomised trials, concerning 2459 students (median 79/study), were selected for review. Cardiac scenarios were commonest (n=6) with three studies including surgical topics. Nine studies used mannequin simulators (median time/session 17.5minutes) versus standardised patients in seven (median time/session=82 minutes). Educational impact was measured by written (n=10), checklist (n=5) and OSCEs (n=3) assessment either alone or in combination (n=1, OSCE/written assessment). All articles reported a positive effect of SBME on knowledge including improved retention in three.

Conclusion: SBME, as an adjunct to existing curricula, improves knowledge-based performance of medical students at least in the short-term. Future studies should broaden its topics, assess longer term impacts and cost-effectiveness while also considering whether and what areas of traditional undergraduate learning it can replace.

Keywords: undergraduate, medical education, simulation, performance

Niall McNerney^{1,2,3}

D. Nally²

M.F. Khan^{1,2,3}

H. Heneghan^{3,4}

R.A. Cahill^{1,2,3}

1 Mater Misericordiae University Hospital, UCD Centre for Precision Surgery, Dublin, Ireland

2 Mater Misericordiae University Hospital, Department of Surgery, Dublin, Ireland

3 University College Dublin, School of Medicine, Section of Surgery and Surgical Specialties, Dublin, Ireland

4 St. Vincent's University Hospital, Department of Surgery, Dublin, Ireland

Introduction

Medical education largely still follows traditional structures [1], [2]. Students undergo didactic lecture-based learning throughout their studies but especially in their early years [3]. Once on clinical sites, they learn by engaging with clinical teams and real patients. Although proven sufficient over time, the acquisition of medical knowledge and skills in this way has a number of potential pitfalls. Students are expected to learn from and practice recently acquired knowledge and skills on actual patients. This interaction may be complicated both ways – medical students can be nervous and patients, a vulnerable cohort, can be fearful. Furthermore, the clinical experience may be variable between teams and over time and much of the interaction happens without direct observation by academic faculty. The heterogeneity and inconsistency of clinical exposure coupled with lack of assessment-relevant feedback before examinations is suboptimal and

may undermine fairness in competitive assessments and standards in future medical practice. Also, the COVID-19 pandemic has greatly challenged medical undergraduate programmes and students by the withdrawal of ward-based placements.

To improve their skills in both history taking and physical examinations, students have long practiced individually and with their peers. This provides a safe, comfortable environment for them to hone their skills and enables iterative improvement by doing, although this again lacks senior supervision and standardisation and may not challenge. Simulation has long been used in aviation and military training and is fast becoming a formal component of undergraduate and postgraduate medical education [4], [5], [6]. Simulation training providing a “device that presents a simulated patient (or part of a patient) that interacts appropriately with the actions taken by the simulation participant” allows users to learn in a safe, controlled and standardised environment, so that skills

and knowledge can be applied and practiced [7]. Recent technological advances have increased the capability to realistically mimic actual patients and real-life clinical scenarios [8], [9].

While postgraduate simulation has been studied extensively in the literature (with some of its proven benefits including greater patient safety, improved teamwork and enhanced confidence [10], [11], [12], [13], [14], [15]), there is less evidence detailing the effect of such training on undergraduate medical student performance. Although many previous studies have detailed the self-reported effects of simulation training on medical students [10], [16], [17], objectively assessed impacts need to be established prior to its broad implementation most particularly to justify the necessary expenditure but also especially if it's to replace other existing curricular components, either by design or necessity (eg due to public health emergencies). Crucial to any education innovation is assurance of benefit. The primary metric of performance in medical education are assessment scores. The purpose of this review is to synthesise the available evidence on the performance effect of simulation based medical education (SBME) as applied to technical, procedural and examination skills for undergraduate medical students in general medicine and surgery.

Methods

Search database

This systematic review was conducted using the Preferred Reporting Items for Systematic Review & Meta-Analyses (PRISMA) guidelines. The searches were performed independently in duplicate (NM, FK) using OVID, EMBASE and PubMed databases from 2010 to 2020 inclusive. The final search was completed in January 2021. All eligible records were screened independently (NM, FK) for relevance.

Search terms

The following Medical Subject Headings terms and keywords were used: medical education OR medical students OR medical student AND simulation training OR high fidelity simulation training OR mannequin OR manikins OR SimMan or simulation. Boolean AND/OR operators were used to combine MeSH and terms and keywords. Following the search, titles and abstracts were screened. Full text of potentially eligible articles were reviewed by two authors (NM, FK) independently and eligible studies selected.

Inclusion/exclusion criteria

Our inclusion criteria required all articles to be in English, to be research-based and to include objective investigation of the efficacy of a simulation-based training programme for undergraduate medical students in general

medical and surgical clinical learning stages regarding clinical performance. Studies which assessed history taking, physical examination, and clinical practice either separately or together were included regardless of method of simulation (including whether mannequins or simulated patients were used) and assessment (i.e. whether written, Objective Structured Clinical Examination (OSCE) or tutor assessment). OSCEs in the included students followed the traditional format described by Harden [18]. Studies assessing procedural protocols (including BLS, ACLS and ATLS) and surgical skills were excluded. Checklist assessments were included but studies applying exclusive subjective assessment methodology (eg overall global rating) were excluded. Studies assessing subspecialty domains such as obstetric, paediatric, anaesthetic and psychiatric simulation were excluded.

Data collection

The following data was extracted from each included publication: first author, publication year, country, study design, number and stage of students, simulation method, assessment method, performance levels pre and post simulation, effects on knowledge retention, students' confidence and authors' conclusion.

Results

Study characteristics

Figure 1 shows the PRISMA flowchart of search and selection process. 3074 studies were identified through database searching. Following removal of duplicates, the abstracts of 2716 studies were evaluated and included if deemed suitable. The full text of 92 articles were assessed for eligibility, and ultimately 19 articles were included for qualitative synthesis.

Table 1 summarizes the final nineteen included studies comprising 2459 students ranging from first to final year medical students. Studies from eleven countries were included with three focusing on first (n=2) or second year (n=1) students and the remainder concerning those in later years. There were nine randomised control trials [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], six prospective cohort studies [28], [29], [30], [31], [32], [33], two crossover studies [34], [35], one retrospective analysis [36], and one case-control study [37]. The median number of patients per study was 79 (20-615 patients). Due to heterogeneity of study type including the variety of tools used for assessing multiple skills, meta-analysis was prohibited. Attachment 1 summarizes the results from each study.

Specialities

Medical scenarios were the most common topics for simulation with fourteen groups [28], [36], [30], [31], [22], [32], [24], [34], [33], [25], [26], [35], [27], [37],



PRISMA 2009 Flow Diagram

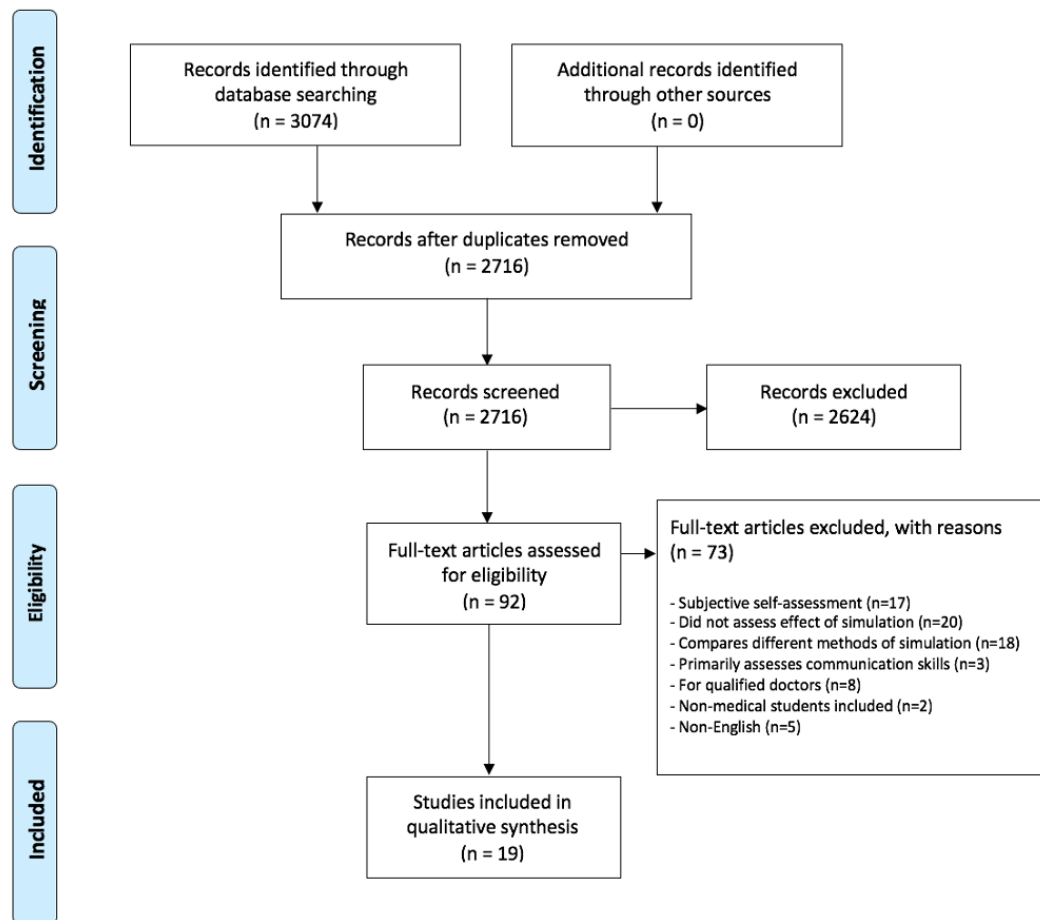


Figure 1: PRISMA flowchart of the search and selection process [50]

conducting simulation training based around common medical pathologies. Of these, six groups simulated cardiac scenarios with four of these assessing auscultation skills [20], [30], [34], [27] and two simulating acute cardiac presentation scenarios [32], [26]. Surgical topics were simulated in two groups [19], [29] while one group [23] used both medical and surgical scenarios for their simulation sessions.

Methods of simulation

Various different methods of patient simulation were used with the majority (n=12) using artificial patient models in scenarios to mimic the medical setting lasting a median of 17.5 minutes (range 15-30 mins) [28], [21], [36], [30], [31], [22], [24], [34], [33], [35], [27], [37]. SimManTM (Laerdal) was the most commonly used simulator (n=6) [36], [30], [24], [34], [35], [27]. Harvey (n=2) [33], [37], METI (n=1) [22] and Kyota kagaku (n=1) along with a heart-sound simulator (n=1) were the other artificial simulators used. SimMan is a wireless, life-sized advanced patient simulator, that can display physiological changes that the “patient” undergoes in real-time on a monitor,

under the control of the simulation facilitator [<https://laerdal.com/us/products/simulation-training/emergency-care-trauma/simman/>]. In all six groups who used SimMan, general medical scenarios involved students taking a history and performing a physical examination [36], [30], [24], [34], [35], [27]. In these, the SimMan displayed abnormal cardiovascular and respiratory signs based on the simulated scenario. In two studies [30], [27], students were given a short orientation (15-30 minute) to clinical practice using a SimMan.

Standardized patients were used in seven studies [19], [20], [29], [23], [32], [25], [26], three of which [20], [29], [23] focussed on assisting clinical examination practice. Standardized patients methods ranged from actors [19], [36], [26] or academic staff mimicking learned symptoms to expert patients and focused on standardised patient histories [25] and ward rounds [19] with supplementary material such as drugs charts, patients’ vital parameters and end of bed notes being made available to students in all studies. The median time for simulation with standardized patients was 82.5 minutes (15-180 minutes). Giblett et al. [24] cumulatively spent 21 hours over the course of one semester simulating encounters

Table 1: Table summary of included publication study characteristics

Publication	Year	Origin	Population	Speciality	Sample Size	Simulation method	Assessment method
Grünewald <i>et al.</i> , 2020	2019	Germany	4 th year	Surgery	27	Standardized patients	Checklist
Nassif <i>et al.</i> , 2019	2019	Lebanon	3 rd year	Breast surgery	82	Standardized patients and a breast model	OSCE
Bernardi <i>et al.</i> , 2019	2019	Italy	5 th year	Cardiology	107	Kyoto kagaku simulator	Written
Angarita <i>et al.</i> , 2019	2019	Canada	4 th year	Breast surgery	120	Simulated breast model	OSCE and written assessment
Vattanavanit <i>et al.</i> , 2017	2016	Thailand	6 th year	Medicine	79	SimMan	Checklist
Giblett <i>et al.</i> , 2017	2017	UK	3 rd year	Surgery	104	Standardized patient	Written
Sánchez-Ledesma <i>et al.</i> , 2016	2016	Spain	4 th year	Medicine	300	SimMan	Checklist
Pereira <i>et al.</i> , 2016	2016	Portugal	3 rd and 4 th years	Cardiology	117	Heart sounds simulator	Written
Alluri <i>et al.</i> , 2016	2016	USA	2 nd year	Medicine	20	METI simulator	Written
Zhang <i>et al.</i> , 2015	2015	China	5 th year	Medicine and Surgery	203	Standardised patient	OSCE
Williams <i>et al.</i> , 2015	2015	UK	5 th year	Cardiology	24	Standardised patient	Written
Solymos <i>et al.</i> , 2015	2015	Ireland	5 th year	Medicine	41	SimMan	Written
Swamy <i>et al.</i> , 2014	2014	UK	1 st year	Medicine	79	SimMan	Written
Perlini <i>et al.</i> , 2014	2014	Italy	3 rd and 4 th year	Cardiology	615	Harvey simulator	Written
Fisher <i>et al.</i> , 2014	2014	UK	3 rd year	Medicine	74	Standardized patient	Written
DeWaay <i>et al.</i> , 2015	2014	USA	4 th year	Cardiology	291	Standardized patient	Written
Swamy <i>et al.</i> , 2013	2013	UK	1 st year	Medicine	24	SimMan	Written
McCoy <i>et al.</i> , 2011	2011	Canada	4 th year	Medicine	28	SimMan	Checklist
Kern <i>et al.</i> , 2011	2011	USA	3 rd year	Cardiology	124	Harvey simulator	OSCE

with standardized patients. Giblett *et al.* [29] and Nassif [20] used standardized patients in conjunction with breast models to educate students on breast examination.

Methods of assessment

Various methods of assessments were used to evaluate the performance effect of simulation training. Written assessment was the most common ($n=10$) [28], [29], [31], [22], [32], [24], [34], [33], [25], [26], [35], predominantly comprising of an MCQ examination. Four groups [19], [23], [25], [36] used a checklist assessment, which was either completed during or after the simulation scenario. Three groups [20], [23], [37] assessed their students using OSCE examinations alone. One group [21] used a combination of OSCE and written assessment.

Effect on performance

All groups reported a performance benefit to students associated with simulation training. Simulation training was shown to have a positive effect when used across a broad range of medical and surgical specialities, in acute and non-acute scenarios.

Auscultation simulation

Swamy [35] reported improved results on a knowledge-based questionnaire following clinical chest examination training with SimManTM compared to examining their student colleagues, later confirming these results in a further larger cohort [24]. There was also improvement noted in the simulation group's self-perceived confidence. In a cross-over trial, at the mid-test point, the group who

performed examinations on mannequin performed significantly higher on a knowledge assessment than those who performed peer examinations. Perlini [32] also demonstrated the impact simulation training has on retention of knowledge, focusing on cardiac auscultation. After three years, a subgroup of his students were reassessed. Without any further exposure to the Harvey simulation over that timeframe, retention of the acquired capability was maintained. Pereira [31] also showed a positive effect of simulation on cardiac auscultation. When comparing pre and post test scores, there was a 16% performance improvement when simulation training is added to the existing curriculum. Equally, Bernardi [28] demonstrated an improvement in cardiac auscultation skills when practiced on a simulator. There was however no improvement in respiratory auscultation between the simulation and control group. Kern et al. [37] implemented a cardiac auscultation programme following previous reports of deficiencies in physician's clinical examination skills [38], [39]. In this, students who received simulation training (using the Harvey simulator) along with the standard curriculum were compared to students who received the standard curriculum alone. To ensure little variation in teaching between the groups, the same three faculty teachers facilitated teaching in the same facility for all students. Students were assessed in a multi-station OSCE five weeks following their respective learning. Students who received simulation training performed significantly better in the respective assessed cardiac skills than the control group. Again, there was no difference in pulmonary examination skills.

Breast examination simulation

Nassif [20] used a hybrid simulation model of breast examination where a standardized patient wearing a silicone breast simulator jacket was examined. This group was compared to students who examined a standardized tabletop breast model. Following this intervention, both groups were assessed in an OSCE. Students who participated in hybrid simulation training were significantly better at lesion reporting, identification of malignant features and accurate location identification compared to the group who received traditional teaching. Angarita [21] also evaluated the effect of simulation training on students' clinical breast examinations. Students were taught using a simulation and multimedia-based curriculum, which was compared to the traditional didactic lecture and clinic-based teaching. Both groups were assessed using written and OSCE assessments. The group who completed the simulation-based training were significantly better at all aspects of the breast exam (including inspection, position, palpation, pressure, axillary exam and providing justifications for performing a breast exam). Additionally students who underwent simulation training were significantly more confident than their peers who were taught with traditional methods. Alluri [22] used simulation to teach pre-clinical medical students, and assessed the effect in a randomised, controlled cross-

over study finding that both simulation and didactic lectures improved student knowledge when assessed on an MCQ. When assessing delayed test scores, thus evaluating retention of knowledge, students who completed simulation training demonstrated improvement, those who were taught didactically did not.

Simulation of emergency scenarios

Vattanavanit [36] assessed sixth year medical students knowledge and confidence in septic shock resuscitation. Students who received simulation training improved significantly in knowledge and resuscitation skills, whilst also improving their confidence at assessing patients in septic shock (Post-simulation $68.1\% \pm 12.2\%$ vs pre-simulation 5.64 ± 13.1 , $p < 0.001$). Solymos [24] looked at the area of critical medicine, comparing simulation-based teaching to traditional didactic teaching. Final year students were evaluated using a multiple-choice questionnaire – at baseline, post-teaching and a two week follow up. Although there was a significant improvement following simulation compared to the didactic lecture group, baseline scores were higher in the didactic lecture group. McCoy [27] performed a cross-over study, particularly focusing on assessing critically unwell patients with myocardial infarction or anaphylaxis. Simulation training was compared to traditional didactic lectures. Students' performance was evaluated in real-time during the simulation. 96% of students performed better when trained with simulation. Overall, simulation training resulted in a 22% absolute increase in scores (95% CI 18-26%). History taking (27% absolute increase in score), physical examinations (26%) and patient management (16%) components of the assessment were higher in the simulation group compared to the lecture group. DeWaay [26] investigated fourth year medical student performance in students who received simulation training compared to a control group (who received no intervention) and to a group who received didactic lectures. Simulation significantly improved overall performance. The percentage of correct answers in the simulation group was $53.5 \pm 8.9\%$ compared to $47.9 \pm 9\%$ in the didactic teaching group and $47.9 \pm 9.8\%$ in the control group ($p < 0.001$). Williams [32] also simulated cardiac emergencies, but this time using real patients with a cardiac history taking the simulated patient role. Students were assessed using knowledge based short answer questions. Mean scores increased (25/43 to 34/43) after the intervention. A sustained effect was seen at one week post intervention, with scores of 35/43. Students self-perceived confidence was also improved post intervention. Sanchez-Ledesma [30] focused on the use of simulation training in the management of neurological emergencies. The simulation instructor evaluated students' during the simulation session. Once again, statistically significant difference were found between pre and post-test groups with results improving further following repeated simulation sessions.

Simulation in non-emergent scenarios

Simulation training was not limited to acute medical presentations. Fisher [25] developed and delivered a simulation programme dealing with common geriatric issues, including delirium, falls and elder abuse. Mannequins and simulated patients were both incorporated into the scenarios. Students were assessed pre, post and one month post-simulation. Test scores were compared to those who underwent traditional didactic teaching with post simulation test scores being better than pre-simulation test scores. For all scenarios, there was a statistically significant difference between the simulation and control group ($p < 0.005$). Students in Zhang et al. [23] study were pre-selected into a simulation and didactic lecture group by virtue of variants in facility across their clinical sites. Students simulated both medical and surgical scenarios. Across two year groups, the mean score for 16 OSCE stations was significantly better in those who had undergone simulation training. The mean score in 2013 for the simulation was 80.95 ± 0.61 versus 69.91 ± 1.24 for the didactic lecture group ($p = 0.0114$), and 86.12 ± 0.56 versus 73.58 ± 1.34 in 2014 ($p = 0.006$).

Simulation in surgical education

Two studies specifically examined simulation in surgery. Giblett [29] randomised two groups of medical students in their first year of clinical attachments. In the first semester one group received traditional didactic lecture-based education while the other group received simulation training, broadly covering the surgical curriculum. Using independent t-test analysis, a significant performance benefit in a knowledge-based assessment was seen amongst the group who received simulation training ($p < 0.001$). Additionally, the simulation group had higher self-reported confidence and understanding of surgical principles. These students also showed substantially improved confidence in acute surgical assessments, particularly in abdominal ($p < 0.001$), vascular ($p < 0.001$) and breast examinations ($p < 0.001$). Grunewald [19] used an objective surgical ward round assessment tool to evaluate students' performance. The control group did not receive simulation training. Competence in the intervention group improved from 62.6 to 69.6 points ($p = 0.0169$). In contrast, there was no improvement in the control group (pre: 62.6 vs post 69.6 points ($p = 0.72$)).

Discussion

SBME is of increasing interest for medical undergraduate programmes. This has been especially the case recently with the COVID-19 pandemic pressurising clinical placements with added emphasis on graduating competent doctors in a timely fashion and indeed even early. The primary outcome of this study was to examine for evidence of performance effect of simulation training on medical student performance through a synthesis of the

published literature including summarising the methods used to provide simulation training and the tools used to assess efficacy. As evidenced by this review, simulation training in tandem with the traditional curriculum has been shown to generally improve medical students' performance and knowledge retention alongside confidence over didactic teaching and learning through observation. These benefits can be seen across a number of required skills including core components such as history taking and physical examination (including essential, intimate physical examinations, such as a breast examination which can be otherwise challenging for student to learn) and across various specialities in both emergency and elective general medical and surgical situations. Furthermore, students who experienced simulation training have been found to be more satisfied with their teaching [29]. These findings shouldn't perhaps be surprising as students learn best when they are actively involved [40]. While medical training has traditionally utilised the adage "see one, do one, teach one", simulation-based education provides the opportunity to "do one" repeatedly, safely and under supervision to improve future practice.

SBME of course requires some investment in terms of teaching personnel, equipment and space meaning objective proof of its usefulness is very important to justify the expenditure. Additionally nuance exists. Hamstra [41] detailed some of the key components to effectively run simulation scenarios. Learner engagement and a suspension of disbelief enhance the learning environment for medical students. By placing them in scenarios and an environment that mimics real life, a superior educational experience can be obtained. Also some studies have suggested that improved student confidence may be a negative finding [42] indicating that further work needs to be done in this specific area. Furthermore, while simulation training has been shown to improve cardiac auscultation skills, it seems to have no effect on respiratory auscultation skills [28], [31], [33], [37]. Bernardi [28] hypothesised that this difference is related to the different teaching methods employed for each and that using graphic representation of the lung sounds heard may offset this. Further, additional "real-world" validity can be added when constructing the scenarios (for example, Williams simulated cardiac emergencies with real patients who had recovered following a previous emergency cardiac presentation including intermittent interruption of the students to simulate a real life "on call scenario" as doctors are often required to multi-task, manage their time efficiently and remain calm under pressure [23]). As much as simulation training facilitates the standardization of medical education, in allowing all students access similar clinical experiences, it would seem also to provide a useful means of contributing to student summative assessment in a manner that is reproducible and objective. To date, written examinations in conjunction with observed clinical examination and skills assessment have traditionally been major components of medical students' assessment [43], [44]. Recently, two studies have indicated that a simulation-based assessment may be appro-

appropriate for assessing clinical competence [45], [46]. In addition, the healthcare educator's primary function is to produce competent and proficient doctors and the physical and mental wellbeing of our students is increasingly recognised as essential given the increasing rates of burnout and mental health issues being reported amongst medical students [47], [48]. A consensus statement on medical student wellbeing from the Australia and New Zealand [49] recommends "curricula that promote peer support and progressive levels of challenge to students and to employ strategies to promote positive outcomes from stress and to help others in need". These strategies are already components of SBME and further aspects such as resilience training can be readily incorporated. Another area to examine further relates to whether confidence improvement by simulation can help ease the transition from medical student to junior doctor. In conclusion, this systematic review provides evidence that SBME can improve medical students' performance in a variety of domains and specialities while also identifying areas in need of future address. Alongside performance benefits in history taking and physical examination, there is evidence to show that SBME leads to greater knowledge retention and confidence. Therefore this review validates the use of SBME as an adjunct to the traditional didactic lecture-based curriculum. For the purposes of ensuring optimal education of medical students, further studies could investigate the best methodologies for SBME by comparison and whether simulation is best employed as an adjunct or replacement to the traditional lecture-based curriculum. It is important also to examine cost-effectiveness especially the role of lower cost set-ups versus more expensive systems. Ultimately too it is important to correlate the performance effect of simulation training directly to competence. By building up such an evidence-base we will best evolve the curriculum for the purpose of producing better doctors, and most importantly, better patient outcomes.

Limitations

This systematic review studies heterogeneous groups consisting of various methods of simulation and assessment. As such meta-analysis was prohibited.

Acknowledgements

The authors would like to thank Angela Rice, Library and Information Services, Mater Misericordiae University Hospital for her guidance during this project.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Professor Ronan Cahill is named on a patent filed in relation to processes for visual determination of tissue biology, receives speaker fees from Stryker Corp and Ethicon/J&J, research funding from Intuitive Corp and Medtronic and holds research funding from the Irish Government (DTIF) in collaboration with IBM Research in Ireland and from EU Horizon 2020 in collaboration with Palliare.

Attachments

Available from <https://doi.org/10.3205/zma001572>

1. Attachment_1.pdf (91 KB)
Tabulated summary of intervention with method of assessment along with outcome from each included study

References

1. Norman G. Medical education: past, present and future. *Perspect Med Educ.* 2012;1(1):6-14. DOI: 10.1007/s40037-012-0002-7
2. Buja LM. Medical education today: All that glitters is not gold. *BMC Med Educ.* 2019;19(1):110. DOI: 10.1186/s12909-019-1535-9
3. Flexner A. Medical education in the United States and Canada. From the Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, Bulletin Number Four, 1910. *Bull World Health Organ.* 2002;80(7):594-602.
4. Roberts KH. Some Characteristics of One Type of High Reliability Organization. *Organ Sci.* 1990;1(2):160-176. DOI: 10.1287/orsc.1.2.160
5. Rochlin G, La Porte T, Roberts K. The self-designing high-reliability organization: Aircraft carrier flight operations at sea. *Nav War Coll Rev.* 1998;51(3):97.
6. McGaghie WC, Issenberg SB, Petrusa ER, Scalese RS. A critical review of simulation-based medical education research: 2003-2009. *Med Educ.* 2010;44(1):50-63. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03547.x
7. Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Qual Saf Heal Care.* 2004;13(Suppl 1):2-10. DOI: 10.1136/qhc.13.suppl_1.i2
8. Maran NJ, Glavin RJ. Low- to high-fidelity simulation - A continuum of medical education? *Med Educ.* 2003;37 Suppl 1:22-28. DOI: 10.1046/j.1365-2923.37.s1.9.x
9. Willaert WI, Aggarwal R, Herzele I Van, Cheshire NJ, Vermassen FE. Recent advancements in medical simulation: Patient-specific virtual reality simulation. *World J Surg.* 2012;36(7):1703-1712. DOI: 10.1007/s00268-012-1489-0
10. Morris MC, Conroy P. Development of a simulation-based sub-module in undergraduate medical education. *Ir J Med Sci.* 2020;189(1):389-394. DOI: 10.1007/s11845-019-02050-3
11. Paskins Z, Peile E. Final year medical students' views on simulation-based teaching: A comparison with the Best Evidence Medical Education Systematic Review. *Med Teach.* 2010;32(7):569-577. DOI: 10.3109/01421590903544710

12. Subramanian A, Timberlake M, Mittakanti H, Lara M, Brandt ML. Novel educational approach for medical students: Improved retention rates using interactive medical software compared with traditional lecture-based format. *J Surg Educ.* 2012;69(2):253-256. DOI: 10.1016/j.jsurg.2012.05.013
13. Khan K, Pattison T, Sherwood M. Simulation in medical education. *Med Teach.* 2011;33(1):1-3. DOI: 10.3109/0142159X.2010.519412
14. Riaz S. How Simulation-Based Medical Education Can Be Started In Low Resource Settings. *J Ayub Med Coll Abbottabad.* 2019;31(4):636-637.
15. Borggreve AS, Meijer JM, Schreuder HW, ten Cate O. Simulation-based trauma education for medical students: A review of literature. *Med Teach.* 2017;39(6):631-638. DOI: 10.1080/0142159X.2017.1303135
16. Hogg G, Miller D. The effects of an enhanced simulation programme on medical students' confidence responding to clinical deterioration. *BMC Med Educ.* 2016;16:161. DOI: 10.1186/s12909-016-0685-2
17. Nitschmann C, Bartz D, Johnson NR. Gynecologic Simulation Training Increases Medical Student Confidence and Interest in Women's Health. *Teach Learn Med.* 2014;26(2):160-163. DOI: 10.1080/10401334.2014.883984
18. Harden RMG, Downie WW, Stevenson M, Wilson GM. Assessment of Clinical Competence using Objective Structured Examination. *Br Med J.* 1975;1(5955):447-451. DOI: 10.1136/bmj.1.5955.447
19. Grünewald M, Klein E, Hapfelmeier A, Wuensch A, Berberat PO, Gartmeier M. Improving physicians' surgical ward round competence through simulation-based training. *Patient Educ Couns.* 2020;103(5):971-977. DOI: 10.1016/j.pec.2019.11.029
20. Nassif J, Sleiman AK, Nassar AH, Naamani S, Sharara-Chami R. Hybrid Simulation in Teaching Clinical Breast Examination to Medical Students. *J Cancer Educ.* 2019;34(1):194-200. DOI: 10.1007/s13187-017-1287-3
21. Angarita FA, Price B, Castelo M, Tawil M, Ayala JC, Torregrossa L. Improving the competency of medical students in clinical breast examination through a standardized simulation and multimedia-based curriculum. *Breast Cancer Res Treat.* 2019;173(2):439-445. DOI: 10.1007/s10549-018-4993-6
22. Alluri RK, Tsing P, Lee E, Napolitano J. A randomized controlled trial of high-fidelity simulation versus lecture-based education in preclinical medical students. *Med Teach.* 2016;38(4):404-409. DOI: 10.3109/0142159X.2015.1031734
23. Zhang MY, Cheng X, Xu AD, Luo LP, Yang X. Clinical simulation training improves the clinical performance of Chinese medical students. *Med Educ Online.* 2015;20:28796. DOI: 10.3402/meo.v20.28796
24. Solymos O, O'Kelly P, Walshe CM. Pilot study comparing simulation-based and didactic lecture-based critical care teaching for final-year medical students. *BMC Anesthesiol.* 2015;15(1):6-10. DOI: 10.1186/s12871-015-0109-6
25. Fisher JM, Walker RW. A new age approach to an age old problem: Using simulation to teach geriatric medicine to medical students. *Age Ageing.* 2014;43(3):424-428. DOI: 10.1093/ageing/afu200
26. DeWaay DJ, McEvoy MD, Kern DH, Alexander LA NP. Simulation curriculum can improve medical student assessment and management of acute coronary syndrome during a clinical practice exam. *Am J Med Sci.* 2014;347(6):452-456. DOI: 10.1097/MAJ.0b013e3182a562d7
27. McCoy CE, Menchine M, Anderson C, Kollen R, Langdorf MI, Lotfipour S. Prospective randomized crossover study of simulation vs. didactics for teaching medical students the assessment and management of critically ill patients. *J Emerg Med.* 2011;40(4):448-455. DOI: 10.1016/j.jemermed.2010.02.026
28. Bernardi S, Giudici F, Leone MF, Zuolo G, Furlotti S, Carretta R, Fabris B. A prospective study on the efficacy of patient simulation in heart and lung auscultation. *BMC Med Educ.* 2019;19(1):275. DOI: 10.1186/s12909-019-1708-6
29. Giblett N, Rathore R, Carruthers D. Simulating the Surgical Patient Pathway for Undergraduates. *J Surg Educ.* 2017;74(2):271-276. DOI: 10.1016/j.jsurg.2016.10.003
30. Sánchez-Ledesma MJ, Juanes JA, Sáncho C, Alonso-Sardón M, Gonçalves J. Acquisition of Competencies by Medical Students in Neurological Emergency Simulation Environments Using High Fidelity Patient Simulators. *J Med Syst.* 2016;40(6):139. DOI: 10.1007/s10916-016-0496-3
31. Pereira D, Gomes P, Faria S, Cruz-Correia R, Coimbra M. Teaching cardiopulmonary auscultation in workshops using a virtual patient simulation technology - A pilot study. Vols. 2016-October, Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Piscataway (NJ): IEEE EMBS; 2016. p.3019-3022.
32. Williams H, Yang L, Gale J, Paranehewa S, Joshi A, Westwood M, Weerackody R. Simulation of cardiac emergencies with real patients. *Clin Teach.* 2015;12(5):341-345. DOI: 10.1111/tct.12322
33. Perlini S, Sallinaro F, Santalucia P, Musca F. Simulation-guided cardiac auscultation improves medical students' clinical skills: The Pavia pilot experience. *Intern Emerg Med.* 2014;9(2):165-172. DOI: 10.1007/s11739-012-0811-z
34. Swamy M, Sawdon M, Chaytor A, Cox D, Barbaro-Brown J, McLachlan J. A study to investigate the effectiveness of SimMan® as an adjunct in teaching preclinical skills to medical students. *BMC Med Educ.* 2014;14:231. DOI: 10.1186/1472-6920-14-231
35. Swamy M, Bloomfield TC, Thomas RH, Singh H, Searle RF. Role of SimMan in teaching clinical skills to preclinical medical students. *BMC Med Educ.* 2013;13(1):13-18. DOI: 10.1186/1472-6920-13-20
36. Vattanavanit V, Kawla-led J, Bhurayanontachai R. High-fidelity medical simulation training improves medical students' knowledge and confidence levels in septic shock resuscitation. *Open Access Emerg Med.* 2017;9:1-7. DOI: 10.2147/OAEM.S122525
37. Kern DH, Mainous AG, Carey M, Beddingfield A. Simulation-based teaching to improve cardiovascular exam skills performance among third-year medical students. *Teach Learn Med.* 2011;23(1):15-20. DOI: 10.1080/10401334.2011.536753
38. Mangione S, Nieman LZ. Cardiac auscultatory skills among internal medicine and family practice trainees: A comparison of diagnostic proficiency. *JAMA.* 1997;278(9):717-722. DOI: 10.1001/jama.1997.03550090041030
39. Reilly BM. Physical examination in the care of medical inpatients: An observational study. *Lancet.* 2003;362(9390):1100-1105. DOI: 10.1016/S0140-6736(03)14464-9
40. Beech DJ, Domer FR. Utility of the case-method approach for the integration of clinical and basic science in surgical education. *J Cancer Educ.* 2002;17(3):161-164. DOI: 10.1080/08858190209528825
41. Hamstra SJ, Brydges R, Hatala R, Zendejas B, Cook DA. Reconsidering fidelity in simulation-based training. *Acad Med.* 2014;89(3):387-392. DOI: 10.1097/ACM.0000000000000130

42. Massoth C, Röder H, Ohlenburg H, Hessler M, Zarbock A, Pöpping DM, Wenk M. High-fidelity is not superior to low-fidelity simulation but leads to overconfidence in medical students. *BMC Med Educ.* 2019;19(1):29. DOI: 10.1186/s12909-019-1464-7
43. Miller GE. The assessment of clinical skills/competence/performance. *Acad Med.* 1990;65(9 Suppl):S63-S67. DOI: 10.1097/00001888-199009000-00045
44. Epstein RM, Hundert EM. Defining and Assessing Professional Competence. *JAMA.* 2002;287(2):226-235. DOI: 10.1001/jama.287.2.226
45. Adedj J, Ducrocq G, Bouleti C, Reinhart L, Fabbro E, Elbez Y, Fischer Q, Tesniere A, Feldmann L, Varenne O. Medical student evaluation with a serious game compared to multiple choice questions assessment. *JMIR Serious Games.* 2017;5(2):e11. DOI: 10.2196/games.7033
46. Fonteneau T, Billion E, Abdoul C, Le S, Hadchouel A, Drummond D. Simulation game versus multiple choice questionnaire to assess the clinical competence of medical students: Prospective sequential trial. *J Med Internet Res.* 2020;22(12):e23254. DOI: 10.2196/23254
47. Ishak W, Nikraves R, Lederer S, Perry R, Ogunyemi D, Bernstein C. Burnout in medical students: A systematic review. *Clin Teach.* 2013;10(4):242-245. DOI: 10.1111/tct.12014
48. Dyrbye L, Shanafelt T. A narrative review on burnout experienced by medical students and residents. *Med Educ.* 2016;50(1):132-149. DOI: 10.1111/medu.12927
49. Kemp S, Hu W, Bishop J, Forrest K, Hudson JN, Wilson I, Teodorczuk A, Rogers GD, Roberts C, Wearn A. Medical student wellbeing - A consensus statement from Australia and New Zealand. *BMC Med Educ.* 2019;19(1):69. DOI: 10.1186/s12909-019-1505-2
50. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JP, Clarke M, Devereaux PJ, Kleijnen J, Moher D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med.* 2009;6(7):e1000100. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000100
51. PRISMA. PRISMA 2009 Flow German. Zugänglich unter/available from: <https://www.prisma-statement.org/Translations/Translations>

Corresponding author:

Niall McInerney
Mater Misericordiae University Hospital, UCD Centre for Precision Surgery, Eccles St, Dublin 7, Ireland
niallmcinerney@rcsi.com

Please cite as

McInerney N, Nally D, Khan MF, Heneghan H, Cahill RA. Performance effects of simulation training for medical students – a systematic review. *GMS J Med Educ.* 2022;39(5):Doc51. DOI: 10.3205/zma001572, URN: urn:nbn:de:0183-zma0015725

This article is freely available from

<https://doi.org/10.3205/zma001572>

Received: 2022-02-06

Revised: 2022-06-19

Accepted: 2022-08-04

Published: 2022-11-15

Copyright

©2022 McInerney et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Leistungsauswirkungen von Simulationstraining für Medizinstudierende – eine systematische Übersichtsarbeit

Zusammenfassung

Zielsetzung: Die simulationsbasierte medizinische Ausbildung (SBME, Simulation Based Medical Education) wird zunehmend zu einem festen Bestandteil des vorklinischen Curriculums. Es gibt inzwischen viele Veröffentlichungen, in denen die verschiedenen Formen der simulationsbasierten medizinischen Ausbildung und die von den Studierenden selbst beschriebenen Auswirkungen beschrieben werden. In dieser systematischen Übersichtsarbeit wird die verfügbare Literatur hinsichtlich nachweislicher Leistungsauswirkungen der SBME zusammengefasst, die als Ergänzung zu traditionellen Lehrprogrammen eingesetzt wird.

Methodik: Es wurde eine narrative systematische Übersichtsarbeit gemäß den PRISMA-Leitlinien durchgeführt, bei der die Datenbanken Ovid MEDLINE, EMBASE und PubMed nach englischsprachigen Studien durchsucht wurden, die zwischen 2010 und 2020 über allgemeinmedizinische und chirurgische SBME-Maßnahmen in der Vorklinik berichtet haben. Zwei Reviewer werteten unabhängig voneinander potenzielle Studien für die Aufnahme in die Übersichtsarbeit aus. Es wurden Methoden und Themen der Simulation mit ihren Bewertungen untersucht. Zur Beschreibung gepoolter Studierendenkohorten wurde deskriptive Statistik verwendet.

Ergebnisse: Anhand der Suchkriterien wurden zunächst 3074 Artikel ermittelt, von denen 92 Volltextartikel auf ihre Eignung geprüft wurden. Neunzehn Artikel, darunter neun randomisierte Studien, an denen 2459 Studierende teilnahmen (Median 79 pro Studie), wurden zur Auswertung ausgewählt. Am häufigsten waren kardiologische Szenarien (n=6). Drei Studien umfassten chirurgische Themen. In neun Studien wurden Simulationspuppen verwendet (mittlerer Zeitaufwand pro Sitzung: 17,5 Minuten), während in sieben Studien standardisierte Patienten eingesetzt wurden (mittlerer Zeitaufwand pro Sitzung: 82 Minuten). Die ausbildungsrelevanten Auswirkungen wurden durch schriftliche Bewertungen (n=10), Checklisten (n=5) und OSCE-Bewertungen (n=3) einzeln oder in Kombination (n=1, OSCE-Bewertung/schriftliche Bewertung) gemessen. Alle Artikel berichteten über eine positive Auswirkung der SBME auf die Wissensentwicklung. In drei Artikeln wurde darüber hinaus über eine verbesserte Beibehaltung von Wissen berichtet.

Schlussfolgerung: SBME als Ergänzung zu bestehenden Curricula verbessert zumindest kurzfristig die wissensbasierte Leistung von Medizinstudierenden. Künftige Studien sollten die diesbezüglichen Untersuchungsthemen ausweiten, die längerfristigen Auswirkungen und die Kosteneffizienz bewerten und zudem auch prüfen, welche Bereiche der vorklinischen Ausbildung die SBME gegebenenfalls ersetzen kann.

Schlüsselwörter: Vorklinik, medizinische Ausbildung, Simulation, Leistung

Niall McNerney^{1,2,3}

D. Nally²

M.F. Khan^{1,2,3}

H. Heneghan^{3,4}

R.A. Cahill^{1,2,3}

1 Mater Misericordiae University Hospital, UCD Centre for Precision Surgery, Dublin, Irland

2 Mater Misericordiae University Hospital, Department of Surgery, Dublin, Irland

3 University College Dublin, School of Medicine, Section of Surgery and Surgical Specialties, Dublin, Irland

4 St. Vincent's University Hospital, Department of Surgery, Dublin, Irland

Einleitung

Die medizinische Ausbildung basiert weitgehend noch auf traditionellen Strukturen [1], [2]. Die Studierenden werden während ihres gesamten Studiums, vor allem aber in den ersten Studienjahren, in Form von didaktischen Vorlesungen unterrichtet [3]. In den Kliniken lernen die Studierenden dann durch den praktischen Kontakt mit klinischen Teams und echten Patienten. Obwohl sich dieses System im Laufe der Zeit als ausreichend erwiesen hat, ist diese Art der Aneignung medizinischer Kenntnisse und Fertigkeiten mit verschiedenen potenziellen Nachteilen verbunden. Studierende sollen ihre neu erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten an realen Patienten erlernen und anwenden. Diese Interaktion kann in beide Richtungen problematisch sein: Medizinstudierende können nervös sein, und Patientinnen und Patienten, die eine gefährdete Gruppe darstellen, können ängstlich sein. Außerdem kann die klinische Erfahrung von Team zu Team und im Laufe der Zeit variieren, und ein Großteil der Interaktion findet ohne direkte Beobachtung durch die akademischen Lehrkräfte statt. Die Heterogenität und Inkonsistenz der klinischen Praxis in Verbindung mit dem Fehlen eines bewertungsrelevanten Feedbacks vor Prüfungen ist suboptimal und kann die Fairness bei vergleichenden Bewertungen sowie die Standards in der künftigen medizinischen Praxis beeinträchtigen. Auch die COVID-19-Pandemie hat die medizinischen Studiengänge und die Studierenden durch den Engpass bei Famulaturplätzen auf den Stationen vor große Herausforderungen gestellt.

Um ihre Fertigkeiten bei der Anamneseerhebung und der körperlichen Untersuchung zu verbessern, haben die Studierenden lange Zeit einzeln und mit Mitstudierenden geübt. Dies bietet ihnen ein sicheres und vertrautes Umfeld, in dem sie ihre Fertigkeiten verbessern können, und ermöglicht eine iterative Verbesserung durch praktisches Üben. Doch auch hier fehlen die Aufsicht durch Lehrpersonal und eine entsprechende Standardisierung und es gibt möglicherweise keine relevanten Herausforderungen. Simulationen werden seit langem in der Luftfahrt und in der militärischen Ausbildung eingesetzt und entwickeln sich immer mehr zu einem festen Bestandteil der medizinischen Aus- und Weiterbildung [4], [5], [6]. Durch das Simulationstraining mit einer „Vorrichtung, die einen simulierten Patienten (oder einen Teil eines Patienten) darstellt, die in angemessener Weise mit den Handlungen des Simulationsteilnehmers interagiert“ können die Anwender in einer sicheren, kontrollierten und standardisierten Umgebung lernen, damit Fertigkeiten und Kenntnisse angewendet und geübt werden können [7]. Jüngste technologische Fortschritte haben die Möglichkeiten verbessert, echte Patienten und reale klinische Szenarien realistisch nachzubilden [8], [9].

Während die Simulation der postgradualen Ausbildung in der Literatur ausführlich untersucht wurde (mit einigen ihrer nachgewiesenen Vorteile, darunter größere Patientensicherheit, verbesserte Teamarbeit und größeres Selbstvertrauen [10], [11], [12], [13], [14], [15]), gibt es

weniger Nachweise für die Auswirkung dieses Trainings auf die Leistung von Medizinstudierenden in der Vorklinik. Obwohl viele frühere Studien die selbstberichteten Auswirkungen des Simulationstrainings auf Medizinstudierende detailliert beschrieben haben [10], [16], [17], müssen vor einer umfassenden Einführung des Simulationstrainings objektiv bewertete Auswirkungen festgestellt werden. Dies dient dazu, um insbesondere die notwendigen Ausgaben zu rechtfertigen, aber auch um andere bestehende Komponenten des Curriculums zu ersetzen, sei es aufgrund entsprechender Planung oder bestehender Erfordernisse (z. B. bei Notsituationen im Gesundheitswesen). Bei allen Innovationen im Bildungswesen muss der entsprechende Nutzen gewährleistet sein. Der wichtigste Gradmesser für die Leistung in der medizinischen Ausbildung sind entsprechende Bewertungsscores. Ziel dieser Übersichtsarbeit ist es, die verfügbaren Nachweise zur Leistungsauswirkung simulationsbasierter medizinischer Ausbildung (SBME) in Bezug auf technische, verfahrens- und untersuchungsrelevante Fertigkeiten für Medizinstudierende im vorklinischen Studium der Allgemeinmedizin und Chirurgie zusammenzufassen.

Methodik

Datenbankrecherche

Diese systematische Übersichtsarbeit wurde gemäß den PRISMA-Leitlinien (Preferred Reporting Items for Systematic Review & Meta-Analyses) durchgeführt. Die Recherchen wurden unabhängig voneinander in doppelter Ausführung (NM, FK) in den Datenbanken OVID, EMBASE und PubMed von 2010 bis einschließlich 2020 durchgeführt. Die endgültige Recherche wurde im Januar 2021 abgeschlossen. Alle in Frage kommenden Datensätze wurden unabhängig voneinander (NM, FK) auf Relevanz geprüft.

Suchbegriffe

Die englischsprachigen Äquivalente der folgenden Begriffe und Schlagwörter gemäß MeSH (Medical Subject Headings) wurden verwendet: Medizinische Ausbildung OR Medizinstudierende OR Medizinstudenten AND Simulationstraining OR High-Fidelity-Simulationstraining OR Mannequin OR Simulationspuppe OR Manikins OR SimMan oder Simulation. Die Booleschen Operatoren AND/OR wurden verwendet, um MeSH und Begriffe und Schlagwörter zu kombinieren. Nach der Recherche wurden die Titel und Zusammenfassungen gesichtet. Die Volltexte potenziell in Frage kommender Artikel wurden von zwei Autoren (NM, FK) unabhängig voneinander geprüft und die in Frage kommenden Studien wurden ausgewählt.

Einschluss-/Ausschlusskriterien

Unsere Einschlusskriterien setzten voraus, dass alle Artikel in englischer Sprache verfasst und forschungsbasiert sind und eine objektive Untersuchung der Wirksamkeit eines simulationsbasierten Trainingsprogramms für Medizinstudierende in allgemeinmedizinischen und chirurgischen klinischen Lernphasen in Bezug auf die klinische Leistung beinhalten. Studien, in denen die Anamneseerhebung, die körperliche Untersuchung und die klinische Praxis entweder getrennt oder zusammen bewertet wurden, wurden unabhängig von der Simulationsmethode (einschließlich der Frage, ob Simulationspuppen oder simulierte Patienten eingesetzt wurden) und der Bewertung (d. h. ob es sich um eine schriftliche Prüfung, eine objektive strukturierte klinische Prüfung [OSCE] oder eine Bewertung durch einen Tutor handelte) einbezogen. Die OSCE der eingeschlossenen Studierenden folgten dem traditionellen von Harden beschriebenen Format [18]. Studien zur Bewertung von Verfahrensprotokollen (einschließlich BLS, ACLS und ATLS) und chirurgischen Fertigkeiten wurden ausgeschlossen. Bewertungen von Checklisten wurden eingeschlossen, doch Studien mit ausschließlich subjektiven Bewertungsmethoden (z. B. globale Gesamtbewertung) wurden ausgeschlossen. Studien, die Simulationen in Fachgebieten wie Geburtshilfe, Pädiatrie, Anästhesie und Psychiatrie bewerteten, wurden ausgeschlossen.

Datenerhebung

Die folgenden Daten wurden aus jeder eingeschlossenen Publikation extrahiert: erster Autor, Publikationsjahr, Land, Studiendesign, Anzahl und Status der Studierenden, Simulationsmethode, Bewertungsmethode, Leistungsniveau vor und nach der Simulation, Auswirkungen auf die Beibehaltung von Wissen, Selbstvertrauen der Studierenden und Schlussfolgerung der Autoren.

Ergebnisse

Studienmerkmale

Abbildung 1 zeigt das PRISMA-Flussdiagramm des Recherche- und Auswahlprozesses. Bei der Datenbankrecherche wurden 3074 Studien ermittelt. Nach der Entfernung von Duplikaten wurden die Zusammenfassungen von 2716 Studien ausgewertet und bei Eignung eingeschlossen. Die Volltexte von 92 Artikeln wurden auf ihre Eignung geprüft, und schließlich wurden 19 Artikel für die qualitative Synthese ausgewählt.

Tabelle 1 fasst die neunzehn eingeschlossenen Studien zusammen, an denen 2459 Medizinstudierende vom ersten bis zum letzten Studienjahr teilnahmen. Es wurden Studien aus elf Ländern berücksichtigt, von denen sich drei Studien auf Studierende im ersten (n=2) oder zweiten Studienjahr (n=1) und die übrigen Studien auf Studierende in späteren Studienjahren konzentrierten. Es gab neun

randomisierte Kontrollstudien [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], sechs prospektive Kohortenstudien [28], [29], [30], [31], [32], [33], zwei Cross-over-Studien [34], [35], eine retrospektive Analyse [23] und eine Fall-Kontroll-Studie [37]. Die durchschnittliche Anzahl der Studierenden pro Studie betrug 79 (20-615 Studierende). Aufgrund der Heterogenität der Studientypen und der Vielfalt der Instrumente, die für die Bewertung verschiedenster Fertigkeiten verwendet wurden, war keine Metaanalyse zulässig. In Anhang 1 sind die Ergebnisse der einzelnen Studien zusammengefasst.

Besonderheiten

Medizinische Szenarien waren die häufigsten Themen für Simulationen, wobei vierzehn Gruppen [28], [36], [30], [31], [22], [32], [24], [34], [33], [25], [26], [35], [27], [37], Simulationstrainings durchführten, die sich auf gängige medizinische Krankheitsbilder bezogen. In sechs von diesen Gruppen wurden kardiale Szenarien simuliert, in vier von diesen sechs Gruppen die Auskultationsfertigkeiten bewertet [20], [30], [34], [27] und in zwei Gruppen akute Herzszenarien simuliert [32], [26]. Chirurgische Themen wurden in zwei Gruppen simuliert [19], [29] und in einer Gruppe [23] wurden sowohl medizinische als auch chirurgische Szenarien für die Simulationssitzungen verwendet.

Simulationsmethoden

Es wurden verschiedene Methoden der Patientensimulation genutzt, wobei meistens (n=12) künstliche Patientenmodelle in Szenarien verwendet wurden, die das medizinische Umfeld nachahmen und im Durchschnitt 17,5 Minuten dauerten (Bereich 15–30 Minuten) [28], [21], [36], [30], [31], [22], [24], [34], [33], [35], [27], [37]. SimManTM (von Laerdal) war der am häufigsten verwendete Simulator (n=6) [36], [30], [24], [34], [35], [27]. Harvey (n=2) [33], [37], METI (n=1) [22] und Kyoto Kagaku (n=1) sowie ein Herztonsimulator (n=1) waren die weiteren verwendeten künstlichen Simulatoren. SimMan ist ein kabelloser, lebensgroßer, moderner Patientensimulator, der unter der Aufsicht des Simulationsleiters physiologische Veränderungen beim „Patienten“ in Echtzeit auf einem Monitor anzeigen kann [<https://laerdal.com/us/products/simulation-training/emergency-care-trauma/simman/>]. In allen sechs Gruppen, die SimMan nutzten, mussten die Studierenden in allgemeinen medizinischen Szenarien eine Anamnese erheben und eine körperliche Untersuchung durchführen [36], [30], [24], [34], [35], [27]. In diesen Fällen zeigte der SimMan gemäß dem simulierten Szenario pathologische kardiovaskuläre und respiratorische Symptome. In zwei Studien [30], [27] erhielten die Studierenden mithilfe eines SimMan eine kurze Einführung (15-30 Minuten) in die klinische Praxis.

In sieben Studien wurden standardisierte Patienten eingesetzt [19], [20], [29], [23], [32], [25], [26]. Drei dieser Studien konzentrierten sich auf die Unterstützung der



PRISMA 2009 Flussdiagramm

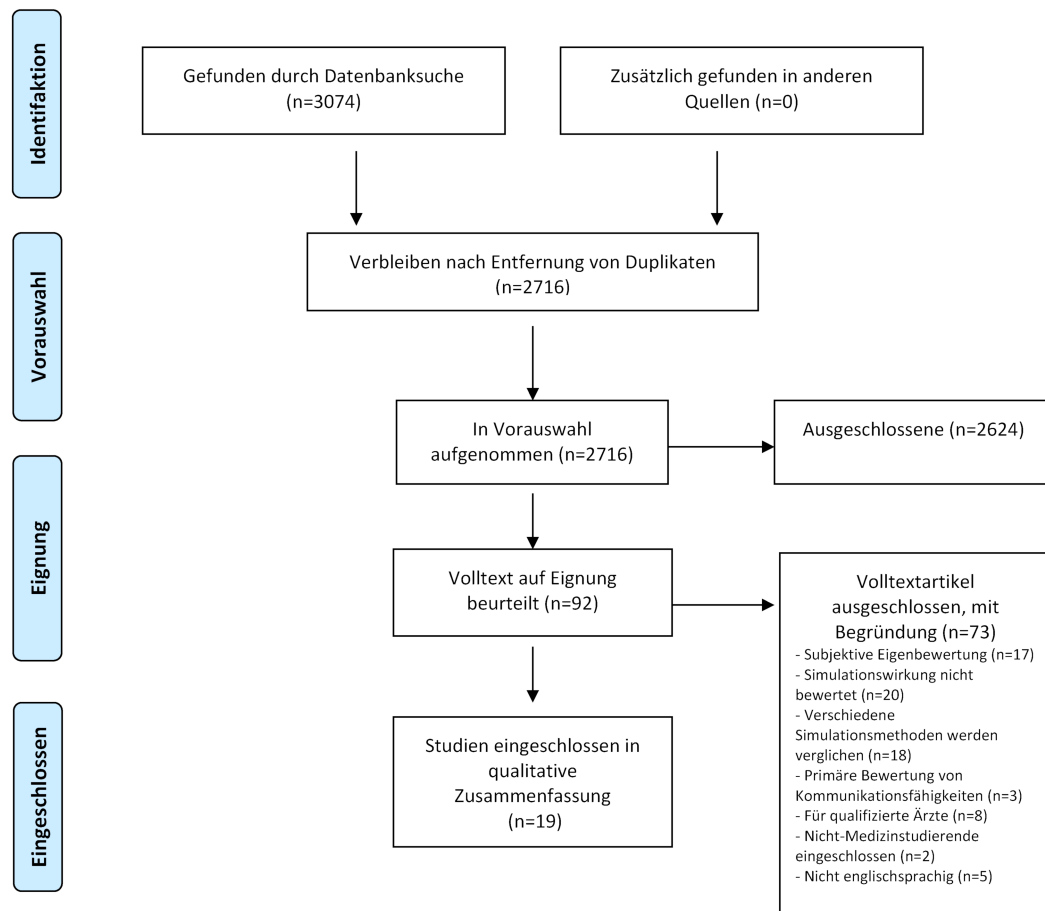


Abbildung 1: PRISMA-Flussdiagramm des Recherche- und Auswahlprozesses [50], [51]

klinischen Untersuchungspraxis [20], [29], [23]. Die Methoden standardisierter Patienten umfassten Schauspieler [19], [36], [29] oder akademische Mitarbeiter, die gelernte Symptome nachahmten, bis hin zu Expertenpatienten. Sie konzentrierten sich auf standardisierte Krankengeschichten [25] und Stationsvisiten [19]. Bei allen Studien wurde den Studierenden zusätzliches Material wie Medikationspläne, Vitalparameter der Patienten sowie die Pflegedokumentation zur Verfügung gestellt. Die mittlere Zeit für die Simulation mit standardisierten Patienten betrug 82,5 Minuten (15-180 Minuten). Giblett et al. [29] verbrachten im Verlauf eines Semesters insgesamt 21 Stunden damit, Begegnungen mit standardisierten Patienten zu simulieren. Giblett et al. [29] und Nassif [20] verwendeten standardisierte Patientinnen in Verbindung mit Brustmodellen, um Studierende in der Brustuntersuchung zu schulen.

Bewertungsmethoden

Zur Bewertung der Leistungsauswirkungen des Simulationstrainings wurden verschiedene Bewertungsmethoden angewendet. Am häufigsten erfolgte eine schriftliche

Bewertung (n=10) [28], [29], [31], [22], [32], [24], [34], [33], [25], [26], [35], die überwiegend aus einer Prüfung mit Multiple-Choice-Fragen bestand. Vier Gruppen [19], [36], [30], [27] verwendeten eine Checkliste zur Bewertung, die entweder während oder nach dem Simulationsszenario ausgefüllt wurde. Drei Gruppen [20], [23], [37] bewerteten ihre Studierenden ausschließlich mit OSCE-Prüfungen. Eine Gruppe [21] verwendete eine Kombination aus OSCE und schriftlicher Bewertung.

Auswirkungen auf die Leistung

Alle Gruppen berichteten im Zusammenhang mit dem Simulationstraining von einem Leistungsvorteil für die Studierenden. Das Simulationstraining wirkt sich nachweislich positiv aus, wenn es in einem breiten Spektrum medizinischer und chirurgischer Fachgebiete in akuten und nicht akuten Szenarien eingesetzt wird.

Simulation der Auskultation

Swamy [35] berichtete, dass Studierende nach einem klinischen Brustuntersuchungstraining mit SimManTM in einem wissensbasierten Fragebogen bessere Ergebnis-

Tabelle 1: Tabellarische Übersicht der Studienmerkmale der berücksichtigten Veröffentlichungen

Publikation	Jahr	Herkunft	Population	Fachgebiet	Stichproben- größe	Simulations- methode	Bewertungs- methode
Grünewald <i>et al.</i> , 2020)	2019	Deutschland	4. Jahr	Chirurgie	27	Standardisierte Patienten	Checkliste
Nassif <i>et al.</i> , 2019)	2019	Libanon	3. Jahr	Brustchirurgie	82	Standardisierte Patienten und ein Brustmodell	OSCE
Bernardi <i>et al.</i> , 2019)	2019	Italien	5. Jahr	Kardiologie	107	Kyoto Kagaku Simulator	Schriftlich
Angarita <i>et al.</i> , 2019)	2019	Kanada	4. Jahr	Brustchirurgie	120	Simuliertes Brustmodell	OSCE und schriftliche Bewertung
Vattanavanit, <i>et al.</i> , 2017	2016	Thailand	6. Jahr	Medizin	79	SimMan	Checkliste
Giblett <i>et al.</i> , 2017	2017	UK	3. Jahr	Chirurgie	104	Standardisierter Patient	Schriftlich
Sánchez-Ledesma <i>et al.</i> , 2016	2016	Spanien	4. Jahr	Medizin	300	SimMan	Checkliste
Pereira <i>et al.</i> , 2016	2016	Portugal	3. und 4. Jahr	Kardiologie	117	Herztonsimulator	Schriftlich
Alluri <i>et al.</i> , 2016	2016	USA	2. Jahr	Medizin	20	METI Simulator	Schriftlich
Zhang <i>et al.</i> , 2015	2015	China	5. Jahr	Medizin und Chirurgie	203	Standardisierter Patient	OSCE
Williams <i>et al.</i> , 2015	2015	UK	5. Jahr	Kardiologie	24	Standardisierter Patient	Schriftlich
Solymos <i>et al.</i> , 2015	2015	Irland	5. Jahr	Medizin	41	SimMan	Schriftlich
Swamy <i>et al.</i> , 2014	2014	UK	1. Jahr	Medizin	79	SimMan	Schriftlich
Perlini <i>et al.</i> , 2014	2014	Italien	3. und 4. Jahr	Kardiologie	615	Harvey Simulator	Schriftlich
Fisher <i>et al.</i> , 2014	2014	UK	3. Jahr	Medizin	74	Standardisierter Patient	Schriftlich
DeWaay <i>et al.</i> , 2015	2014	USA	4. Jahr	Kardiologie	291	Standardisierter Patient	Schriftlich
Swamy <i>et al.</i> , 2013	2013	UK	1. Jahr	Medizin	24	SimMan	Schriftlich
McCoy <i>et al.</i> , 2011	2011	Kanada	4. Jahr	Medizin	28	SimMan	Checkliste
Kern <i>et al.</i> , 2011	2011	USA	3. Jahr	Kardiologie	124	Harvey Simulator	OSCE

se als bei der Untersuchung ihrer Mitstudierenden erzielten, und er bestätigte diese Ergebnisse später in einer weiteren größeren Kohorte [24]. Auch wurde festgestellt, dass sich das Selbstvertrauen der Simulationsgruppe aus eigener Sicht verbesserte. In einer Cross-over-Studie schnitt die Gruppe, die die Untersuchungen an einer Simulationspuppe durchführte, nach der Hälfte der Testzeit bei der Wissensbewertung deutlich besser ab als die Gruppe, die die Prüfungen bei Mitstudierenden durchführte. Perlini [33] wies ebenfalls die Auswirkungen des Simulationstraining auf die Beibehaltung von Wissen nach, wobei der Schwerpunkt auf der Herzauskultation lag. Nach drei Jahren wurde eine Untergruppe seiner Studierenden erneut beurteilt. Ohne weitere praktische Erfahrungen mit der Harvey-Simulation in diesem Zeitraum wurde die erworbene Fähigkeit beibehalten. Pereira [31]

wies ebenfalls eine positive Wirkung der Simulation auf die Herzauskultation nach. Ein Vergleich der Scores vor und nach dem Test ergab eine Leistungsverbesserung von 16%, wenn das Simulationstraining dem bestehenden Curriculum hinzugefügt wird. Auch Bernardi [28] wies eine Verbesserung der Herzauskultationsfertigkeiten nach, wenn sie an einem Simulator geübt wurden. Bei der Lungenauskultation gab es jedoch keine Verbesserung zwischen der Simulationsgruppe und der Kontrollgruppe. Kern et al. [37] führten nach Berichten über Mängel bei den klinischen Untersuchungsfertigkeiten von Ärzten ein Programm zur Herzauskultation ein [38], [39]. Hierbei wurden Studierende, die neben dem Standard-Curriculum ein Simulationstraining (mit dem Harvey-Simulator) erhielten, mit Studierenden verglichen, bei denen nur nach dem Standard-Curriculum verfahren wurde. Um nur mini-

male Unterschiede im Unterricht der beiden Gruppen zu gewährleisten, unterrichteten dieselben drei Lehrkräfte alle Studierenden in derselben Einrichtung. Die Studierenden wurden fünf Wochen nach dem jeweiligen Lernabschnitt in einem OSCE mit mehreren Stationen bewertet. Die Studierenden, die an einem Simulationstraining teilnahmen, schnitten bei den jeweils bewerteten kardiologischen Fertigkeiten signifikant besser ab als die Kontrollgruppe. Auch hier lag kein Unterschied bei den Fertigkeiten zur Lungenuntersuchung vor.

Simulation der Brustuntersuchung

Nassif [20] verwendete ein hybrides Simulationsmodell der Brustuntersuchung, bei dem eine standardisierte Patientin untersucht wurde, der ein Brust-Tastmodell aus Silikon umgehängt wurde. Diese Gruppe wurde mit Studierenden verglichen, die ein standardisiertes Brustmodell auf einem Tisch untersuchten. Nach dieser Intervention wurden beide Gruppen in einem OSCE bewertet. Studierende, die an der hybriden Simulationsschulung teilnahmen, waren im Gegensatz zu der Gruppe, die traditionell geschult wurde, signifikant besser in der Lage, Läsionen zu diagnostizieren, bösartige Merkmale zu erkennen und die genaue Lage zu bestimmen. Angarita [21] bewertete ebenfalls die Auswirkungen des Simulationstrainings auf die klinischen Brustuntersuchungen der Studierenden. Die Studierenden wurden anhand eines simulations- und multimediagestützten Curriculums unterrichtet, das mit dem traditionellen didaktischen Unterricht in Vorlesungen und Kliniken verglichen wurde. Beide Gruppen wurden anhand von schriftlichen und OSCE-Auswertungen bewertet. Die Gruppe, die an der simulationsbasierten Schulung teilgenommen hatte, war in allen Aspekten der Brustuntersuchung (einschließlich Inspektion, Position, Palpation, Druck, axilläre Untersuchung und Begründung der Brustuntersuchung) signifikant besser. Außerdem hatten die Studierenden, die an einem Simulationstraining teilgenommen hatten, signifikant mehr Selbstvertrauen als ihre Mitstudierenden, die mit traditionellen Methoden unterrichtet wurden. Alluri [22] setzte Simulationen für den vorklinischen Unterricht von Medizinstudierenden ein und bewertete die Wirkung in einer randomisierten, kontrollierten Cross-over-Studie. Diese ergab, dass sowohl Simulationen als auch didaktische Vorlesungen das Wissen der Studierenden verbesserten, wenn sie anhand von Multiple-Choice-Fragen bewertet wurden. Bei der Bewertung der verzögerten Testscores, d. h. bei der Bewertung der Beibehaltung von Wissen, zeigten die Studierenden, die ein Simulationstraining absolvierten, im Gegensatz zu den didaktisch unterrichteten Studierenden eine Verbesserung.

Simulation von Notfallszenarien

Vattanavanit [36] bewertete die Kenntnisse und das Selbstvertrauen von Medizinstudierenden im sechsten Studienjahr in Bezug auf die Reanimation bei septischem Schock. Die Studierenden, die an dem Simulationstraining

teilnahmen, verbesserten ihr Wissen und ihre Reanimationsfertigkeiten signifikant und wurden auch sicherer bei der Beurteilung von Patienten mit septischem Schock ($68,1\pm 12,2\%$ nach der Simulation gegenüber $5,64\pm 13,1\%$ vor der Simulation, $p<0,001$). Solymos [24] untersuchte den Bereich der Intensivmedizin und verglich den simulationsbasierten Unterricht mit dem traditionellen didaktischen Unterricht. Die Studierenden des letzten Studienjahres wurden anhand eines Multiple-Choice-Fragebogens bewertet, und zwar zu Beginn, nach dem Unterricht und zwei Wochen danach. Obwohl nach der Simulation eine signifikante Verbesserung im Vergleich zur didaktisch unterrichteten Gruppe zu verzeichnen war, waren die Ausgangsscores in der didaktisch unterrichteten Gruppe höher. McCoy [27] führte eine Cross-over-Studie durch, die sich insbesondere auf die Beurteilung von Patienten in kritischem Zustand mit Myokardinfarkt oder Anaphylaxie konzentrierte. Das Simulationstraining wurde mit traditionellen didaktischen Vorlesungen verglichen. Die Leistung der Studierenden wurde während der Simulation in Echtzeit bewertet. 96% der Studierenden schnitten besser ab, wenn anhand von Simulationen geschult wurden. Insgesamt führte das Simulationstraining zu einem absoluten Anstieg der Scores um 22% (95%-KI, 18–26%). Die Komponenten Anamneseerhebung (27% absoluter Anstieg der Scores), körperliche Untersuchung (26%) und Patientenmanagement (16%) waren in der Simulationsgruppe höher als in der Vorlesungsgruppe. DeWaay [26] untersuchte die Leistungen von Medizinstudierenden im vierten Studienjahr, die an einem Simulationstraining teilnahmen, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe (ohne Intervention) und zu einer Gruppe, die an didaktischen Vorlesungen teilnahm. Die Simulation verbesserte die Gesamtleistung erheblich. Der Prozentsatz der richtigen Antworten in der Simulationsgruppe betrug $53,5\pm 8,9\%$ im Vergleich zu $47,9\pm 9\%$ in der didaktisch unterrichteten Gruppe und $47,9\pm 9,8\%$ in der Kontrollgruppe ($p<0,001$). Williams [32] simulierte ebenfalls kardiale Notfälle, diesmal jedoch mit echten Patienten mit kardialen Ereignissen in der Anamnese, die die Rolle des simulierten Patienten übernahmen. Die Studierenden wurden anhand von wissensbasierten Kurzantwortfragen bewertet. Die mittleren Scores stiegen nach der Intervention an (von 25/43 auf 34/43). Eine Woche nach der Intervention wurde mit Scores von 35/43 ein nachhaltiger Effekt festgestellt. Auch das Selbstvertrauen der Studierenden hat sich nach der Intervention verbessert. Sanchez-Ledesma [30] konzentrierte sich auf den Einsatz von Simulationstraining bei der Behandlung von neurologischen Notfällen. Der Simulationsleiter bewertete die Studierenden während der Simulationssitzung. Auch hier wurden statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen vor und nach dem Test festgestellt, wobei sich die Ergebnisse nach wiederholten Simulationssitzungen weiter verbesserten.

Simulation in Nicht-Notfall-Szenarien

Das Simulationstraining war nicht auf akute medizinische Situationen begrenzt. Fisher [25] hat ein Simulationsprogramm entwickelt und durchgeführt, das sich mit allgemeinen geriatrischen Problemen befasst, darunter Delir, Stürze und Missbrauch älterer Menschen. In die Szenarien wurden sowohl Simulationspuppen als auch simulierte Patienten einbezogen. Die Studierenden wurden vor, nach sowie einen Monat nach der Simulation bewertet. Die Testscores wurden mit denen der Studierenden verglichen, die traditionellen Unterricht erhielten, wobei die Testscores nach der Simulation besser waren als die Testscores vor der Simulation. Bei allen Szenarien gab es einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der Simulationsgruppe und der Kontrollgruppe ($p < 0,005$). Die Studierenden in der Studie von Zhang et al. [23] wurden aufgrund der unterschiedlichen einrichtungsspezifischen Gegebenheiten an ihren klinischen Standorten vorab in eine Simulations- und eine didaktisch unterrichtete Gruppe eingeteilt. Die Studierenden simulierten sowohl medizinische als auch chirurgische Szenarien. Über zwei Jahrgänge hinweg war der mittlere Score für 16 OSCE-Stationen bei denjenigen, die ein Simulationstraining absolviert hatten, signifikant besser. Der mittlere Score für die Simulation lag 2013 bei $80,95 \pm 0,61$ versus $69,91 \pm 1,24$ für die didaktisch unterrichtete Gruppe ($p = 0,0114$) und $86,12 \pm 0,56$ versus $73,58 \pm 1,34$ im Jahr 2014 ($p = 0,006$).

Simulation in der chirurgischen Ausbildung

Zwei Studien untersuchten ausschließlich die Simulation in der Chirurgie. Giblett [29] stellte randomisiert zwei Gruppen von Medizinstudierenden in ihrem ersten Jahr der klinischen Ausbildung zusammen. Im ersten Semester erhielt die eine Gruppe eine traditionelle didaktische Ausbildung auf der Grundlage von Vorlesungen, während die andere Gruppe ein Simulationstraining absolvierte, das im Wesentlichen das chirurgische Curriculum abdeckte. Anhand einer unabhängigen t-Test-Analyse wurde ein signifikanter Leistungsvorteil bei einer wissensbasierten Bewertung in der Gruppe festgestellt, die ein Simulationstraining erhalten hatte ($p < 0,001$). Außerdem gab die Simulationsgruppe an, mehr Selbstvertrauen zu haben und chirurgische Prinzipien besser zu verstehen. Diese Studierenden zeigten auch eine wesentlich größere Sicherheit bei der Beurteilung akuter chirurgischer Situationen, insbesondere bei abdominalen Untersuchungen ($p < 0,001$), vaskulären Untersuchungen ($p < 0,001$) und Brustuntersuchungen ($p < 0,001$). Grunewald [19] verwendete ein objektives Instrument zur Bewertung der Leistungen von Studierenden auf chirurgischen Stationen. Die Kontrollgruppe erhielt kein Simulationstraining. Die Kompetenz in der Interventionsgruppe verbesserte sich von 62,6 auf 69,6 Punkte ($p = 0,0169$). Im Gegensatz dazu gab es in der Kontrollgruppe keine Verbesserung (vorher 62,6 Punkte vs. nachher 69,6 Punkte ($p = 0,72$)).

Diskussion

Die simulationsbasierte medizinische Ausbildung (SBME) ist für medizinische Studiengänge von zunehmendem Interesse. Dies war vor allem in jüngster Zeit der Fall, als es aufgrund der COVID-19-Pandemie zu Engpässen bei den klinischen Praktika kam und der Schwerpunkt auf der rechtzeitigen und sogar frühzeitigen Ausbildung kompetenter Ärzte lag. Das primäre Ergebnis dieser Studie war die Untersuchung der Auswirkungen von Simulationstraining auf die Leistung von Medizinstudierenden durch eine Synthese der veröffentlichten Literatur. Dies umfasste auch eine Übersicht der angewendeten Methoden für das Simulationstraining sowie die eingesetzten Instrumente zur Bewertung der Wirksamkeit. Wie aus dieser Übersichtsarbeit hervorgeht, verbessert Simulationstraining in Verbindung mit dem traditionellen Curriculum nachweislich die Leistung und die Beibehaltung von Wissen der Medizinstudierenden im Allgemeinen und gibt diesen mehr Selbstvertrauen im Vergleich zu didaktischem Unterricht und Lernen durch Beobachtung. Diese Vorteile zeigen sich bei einer Reihe von erforderlichen Fertigkeiten, darunter Kernkomponenten wie Anamneseerhebung und körperliche Untersuchung (einschließlich wichtiger intimer körperlicher Untersuchungen, z. B. Brustuntersuchung, deren Erlernen für Studierende ansonsten eine besondere Herausforderung darstellen kann). Diese Vorteile ergeben sich zudem in verschiedenen Fachgebieten, und zwar in Notfallszenarien genauso wie in elektiven Situationen der Allgemeinmedizin und Chirurgie. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass bei Studierenden, die an einem Simulationstraining teilgenommen haben, eine höhere Zufriedenheit mit ihrem Unterricht besteht [29]. Diese Ergebnisse sollten nicht unbedingt überraschen, da Studierende am besten lernen, wenn sie aktiv beteiligt sind [40]. Während in der medizinischen Ausbildung traditionell das Motto „See one, do one, teach one“ gilt, bietet die simulationsgestützte Ausbildung die Möglichkeit, die praktische Anwendung wiederholt, sicher und unter Aufsicht zu üben, um die künftige Praxis zu verbessern.

Die SBME erfordert natürlich einige Investitionen in Form von Lehrpersonal, Ausstattung und Räumlichkeiten, so dass ein objektiver Nachweis ihres Nutzens sehr wichtig ist, um solche Ausgaben zu rechtfertigen. Außerdem kommt es hierbei auf bestimmte Feinheiten an. Hamstra [41] erläuterte einige der zentralen Komponenten für die effektive Durchführung von Simulationsszenarien. Das Engagement der Lernenden und die Fähigkeit, die Simulation bewusst als real anzusehen, verbessern das Lernumfeld für Medizinstudierende. Indem sie in Szenarien und eine Umgebung versetzt werden, die dem realen Leben möglichst nahekommt, lässt sich eine bessere Bildungserfahrung realisieren. Einige Studien haben auch darauf hingewiesen, dass ein verbessertes Selbstvertrauen der Studierenden ein negatives Ergebnis darstellen kann [42]. Dies ist ein Hinweis dafür, dass in diesem besonderen Bereich noch weiterer Arbeitsbedarf besteht.

Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass das Simulationstraining zwar die Herzauskultationsfertigkeiten verbessert, aber offenbar keine Auswirkungen auf die Lungenauskultationsfertigkeiten hat [28], [31], [33], [37]. Bernardi [28] stellte die Hypothese auf, dass dieser Unterschied mit den unterschiedlichen Lehrmethoden zusammenhängt und dass die grafische Darstellung der gehörten Lungen Geräusche dies ausgleichen könnte. Darüber hinaus kann bei der Konzeption der Szenarien zusätzliche „reale“ Validität hinzugefügt werden (z. B. simulierte Williams kardiale Notfälle mit echten Patienten, die sich nach einem früheren kardialen Notfall erholt hatten. Dies beinhaltete auch, die Studierenden bei ihrer Untersuchungstätigkeit vorübergehend zu unterbrechen, um ein reales „Bereitschaftsszenario“ zu simulieren, da von Ärzten häufig Multitasking, ein effizientes Zeitmanagement und das Bewahren von Ruhe in Stresssituationen gefordert sind [23]).

So wie das Simulationstraining die Standardisierung der medizinischen Ausbildung erleichtert, indem es allen Studierenden Zugang zu ähnlichen klinischen Erfahrungen ermöglicht, scheint es auch ein nützliches Mittel zu sein, um einen Beitrag zur summativen Bewertung der Studierenden in einer Weise zu leisten, die reproduzierbar und objektiv ist. Nach wie vor sind schriftliche Prüfungen in Verbindung mit der klinisch-praktischen Prüfung und der Kompetenzbeurteilung traditionell die wichtigsten Bestandteile der Beurteilung von Medizinstudierenden [43], [44]. Kürzlich haben zwei Studien darauf hingewiesen, dass eine simulationsbasierte Bewertung für die Beurteilung der klinischen Kompetenz geeignet sein kann [45], [46]. Darüber hinaus besteht die Hauptaufgabe der medizinischen Ausbildungsinstitution darin, kompetente und erfahrene Ärztinnen und Ärzte auszubilden. Das körperliche und geistige Wohlbefinden unserer Studierenden wird angesichts der steigenden Raten von Burnout und psychischen Problemen unter Medizinstudierenden zunehmend als bedeutsam erkannt [47], [48]. In einer Konsenserklärung der australischen und neuseeländischen Regierung zum Wohlbefinden von Medizinstudierenden [49] wird empfohlen, „Curricula zu erstellen, die die Unterstützung durch Mitstudierende fördern und die Studierenden progressiv fordern, sowie Strategien anzuwenden, die eine positive Stressbewältigung fördern und anderen in Problemsituationen helfen“. Diese Strategien sind bereits Bestandteil der SBME, und weitere Aspekte wie Resilienztraining lassen sich leicht integrieren. Ein weiterer Bereich, der näher untersucht werden sollte, ist die Frage, ob die Verbesserung des Selbstvertrauens durch Simulationen den Übergang vom Medizinstudierenden zum Assistenzarzt erleichtern kann.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass diese systematische Übersichtsarbeit den Nachweis liefert, dass die SBME die Leistungen von Medizinstudierenden in verschiedensten Bereichen und Fachgebieten verbessern kann. Gleichzeitig werden Bereiche aufgezeigt, die in Zukunft näher betrachtet werden müssen. Neben den Leistungsvorteilen bei der Anamneseerhebung und der

körperlichen Untersuchung gibt es Belege dafür, dass die SBME zu einer stärkeren Beibehaltung von Wissen und zu mehr Sicherheit führt. Daher bestätigt diese Übersichtsarbeit den Wert, der dem Einsatz der SBME als Ergänzung zu den traditionellen didaktischen, auf Vorlesungen basierenden Curricula zukommt. Um eine optimale Ausbildung von Medizinstudierenden zu gewährleisten, könnten weitere Studien vergleichend untersuchen, welche Methoden für die SBME am besten geeignet sind und ob die Simulation am besten als Ergänzung oder als Ersatz für das traditionelle, auf Vorlesungen basierende Curriculum eingesetzt werden kann. Es ist auch wichtig, die Kosteneffizienz zu untersuchen, insbesondere die Rolle der günstigeren Systeme im Vergleich zu den teureren Systemen. Letztlich ist es auch wichtig, die Leistungsauswirkung des Simulationstrainings direkt mit der Kompetenz zu korrelieren. Durch den Aufbau einer solchen Evidenzbasis können wir das Curriculum am besten weiterentwickeln, um bessere Ärztinnen und Ärzte und vor allem bessere Ergebnisse für die Patientinnen und Patienten zu erhalten.

Einschränkungen

Diese systematische Übersichtsarbeit untersucht heterogene Gruppen, die aus verschiedenen Simulations- und Bewertungsmethoden bestehen. Daher war keine Metaanalyse zulässig.

Danksagung

Die Autoren danken Angela Rice von den Library and Information Services beim Mater Misericordiae University Hospital für ihre Beratung bei diesem Projekt.

Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass sie keinen Interessenkonflikt im Zusammenhang mit diesem Artikel haben.

Professor Ronan Cahill wird in einem Patent genannt, das im Zusammenhang mit Verfahren zur visuellen Bestimmung der Gewebebiologie angemeldet wurde. Er erhält Vortragshonorare von Stryker Corp und Ethicon/J&J, Forschungsmittel der Intuitive Corporation und von Medtronic sowie Forschungsmittel von der irischen Regierung (DTIF) in Zusammenarbeit mit IBM Research in Irland und vom EU-Förderprogramm Horizon Europe 2020 in Zusammenarbeit mit Palliare.

Anhänge

Verfügbar unter <https://doi.org/10.3205/zma001572>

1. Anhang_1.pdf (95 KB)
Tabellarische Übersicht der Maßnahme einschließlich der Bewertungsmethoden und Ergebnisse aus allen eingeschlossenen Studien

Literatur

1. Norman G. Medical education: past, present and future. *Perspect Med Educ.* 2012;1(1):6-14. DOI: 10.1007/s40037-012-0002-7
2. Buja LM. Medical education today: All that glitters is not gold. *BMC Med Educ.* 2019;19(1):110. DOI: 10.1186/s12909-019-1535-9
3. Flexner A. Medical education in the United States and Canada. From the Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, Bulletin Number Four, 1910. *Bull World Health Organ.* 2002;80(7):594-602.
4. Roberts KH. Some Characteristics of One Type of High Reliability Organization. *Organ Sci.* 1990;1(2):160-176. DOI: 10.1287/orsc.1.2.160
5. Rochlin G, La Porte T, Roberts K. The self-designing high-reliability organization: Aircraft carrier flight operations at sea. *Nav War Coll Rev.* 1998;51(3):97.
6. McGaghie WC, Issenberg SB, Petrusa ER, Scalese RS. A critical review of simulation-based medical education research: 2003-2009. *Med Educ.* 2010;44(1):50-63. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03547.x
7. Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Qual Saf Heal Care.* 2004;13(Suppl 1):2-10. DOI: 10.1136/qhc.13.suppl_1.i2
8. Maran NJ, Glavin RJ. Low- to high-fidelity simulation - A continuum of medical education? *Med Educ.* 2003;37 Suppl 1:22-28. DOI: 10.1046/j.1365-2923.37.s1.9.x
9. Willaert WI, Aggarwal R, Herzele I Van, Cheshire NJ, Vermassen FE. Recent advancements in medical simulation: Patient-specific virtual reality simulation. *World J Surg.* 2012;36(7):1703-1712. DOI: 10.1007/s00268-012-1489-0
10. Morris MC, Conroy P. Development of a simulation-based sub-module in undergraduate medical education. *Ir J Med Sci.* 2020;189(1):389-394. DOI: 10.1007/s11845-019-02050-3
11. Paskins Z, Peile E. Final year medical students' views on simulation-based teaching: A comparison with the Best Evidence Medical Education Systematic Review. *Med Teach.* 2010;32(7):569-577. DOI: 10.3109/01421590903544710
12. Subramanian A, Timberlake M, Mittakanti H, Lara M, Brandt ML. Novel educational approach for medical students: Improved retention rates using interactive medical software compared with traditional lecture-based format. *J Surg Educ.* 2012;69(2):253-256. DOI: 10.1016/j.jsurg.2012.05.013
13. Khan K, Pattison T, Sherwood M. Simulation in medical education. *Med Teach.* 2011;33(1):1-3. DOI: 10.3109/0142159X.2010.519412
14. Riaz S. How Simulation-Based Medical Education Can Be Started In Low Resource Settings. *J Ayub Med Coll Abbottabad.* 2019;31(4):636-637.
15. Borggreve AS, Meijer JM, Schreuder HW, ten Cate O. Simulation-based trauma education for medical students: A review of literature. *Med Teach.* 2017;39(6):631-638. DOI: 10.1080/0142159X.2017.1303135
16. Hogg G, Miller D. The effects of an enhanced simulation programme on medical students' confidence responding to clinical deterioration. *BMC Med Educ.* 2016;16:161. DOI: 10.1186/s12909-016-0685-2
17. Nitschmann C, Bartz D, Johnson NR. Gynecologic Simulation Training Increases Medical Student Confidence and Interest in Women's Health. *Teach Learn Med.* 2014;26(2):160-163. DOI: 10.1080/10401334.2014.883984
18. Harden RMG, Downie WW, Stevenson M, Wilson GM. Assessment of Clinical Competence using Objective Structured Examination. *Br Med J.* 1975;1(5955):447-451. DOI: 10.1136/bmj.1.5955.447
19. Grünewald M, Klein E, Hapfelmeier A, Wuensch A, Berberat PO, Gartmeier M. Improving physicians' surgical ward round competence through simulation-based training. *Patient Educ Couns.* 2020;103(5):971-977. DOI: 10.1016/j.pec.2019.11.029
20. Nassif J, Sleiman AK, Nassar AH, Naamani S, Sharara-Chami R. Hybrid Simulation in Teaching Clinical Breast Examination to Medical Students. *J Cancer Educ.* 2019;34(1):194-200. DOI: 10.1007/s13187-017-1287-3
21. Angarita FA, Price B, Castelo M, Tawil M, Ayala JC, Torregrossa L. Improving the competency of medical students in clinical breast examination through a standardized simulation and multimedia-based curriculum. *Breast Cancer Res Treat.* 2019;173(2):439-445. DOI: 10.1007/s10549-018-4993-6
22. Alluri RK, Tsing P, Lee E, Napolitano J. A randomized controlled trial of high-fidelity simulation versus lecture-based education in preclinical medical students. *Med Teach.* 2016;38(4):404-409. DOI: 10.3109/0142159X.2015.1031734
23. Zhang MY, Cheng X, Xu AD, Luo LP, Yang X. Clinical simulation training improves the clinical performance of Chinese medical students. *Med Educ Online.* 2015;20:28796. DOI: 10.3402/meo.v20.28796
24. Solymos O, O'Kelly P, Walshe CM. Pilot study comparing simulation-based and didactic lecture-based critical care teaching for final-year medical students. *BMC Anesthesiol.* 2015;15(1):6-10. DOI: 10.1186/s12871-015-0109-6
25. Fisher JM, Walker RW. A new age approach to an age old problem: Using simulation to teach geriatric medicine to medical students. *Age Ageing.* 2014;43(3):424-428. DOI: 10.1093/ageing/aft200
26. DeWaay DJ, McEvoy MD, Kern DH, Alexander LA NP. Simulation curriculum can improve medical student assessment and management of acute coronary syndrome during a clinical practice exam. *Am J Med Sci.* 2014;347(6):452-456. DOI: 10.1097/MAJ.0b013e3182a562d7
27. McCoy CE, Menchine M, Anderson C, Kollen R, Langdorf MI, Lotfipour S. Prospective randomized crossover study of simulation vs. didactics for teaching medical students the assessment and management of critically ill patients. *J Emerg Med.* 2011;40(4):448-455. DOI: 10.1016/j.jemermed.2010.02.026
28. Bernardi S, Giudici F, Leone MF, Zuolo G, Furlotti S, Carretta R, Fabris B. A prospective study on the efficacy of patient simulation in heart and lung auscultation. *BMC Med Educ.* 2019;19(1):275. DOI: 10.1186/s12909-019-1708-6
29. Giblett N, Rathore R, Carruthers D. Simulating the Surgical Patient Pathway for Undergraduates. *J Surg Educ.* 2017;74(2):271-276. DOI: 10.1016/j.jsurg.2016.10.003

30. Sánchez-Ledesma MJ, Juanes JA, Sáncho C, Alonso-Sardón M, Gonçalves J. Acquisition of Competencies by Medical Students in Neurological Emergency Simulation Environments Using High Fidelity Patient Simulators. *J Med Syst.* 2016;40(6):139. DOI: 10.1007/s10916-016-0496-3
31. Pereira D, Gomes P, Faria S, Cruz-Correia R, Coimbra M. Teaching cardiopulmonary auscultation in workshops using a virtual patient simulation technology - A pilot study. Vols. 2016-Octob, Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Piscataway (NJ): IEEE EMBS; 2016. p.3019-3022.
32. Williams H, Yang L, Gale J, Paranehewa S, Joshi A, Westwood M, Weerackody R. Simulation of cardiac emergencies with real patients. *Clin Teach.* 2015;12(5):341-345. DOI: 10.1111/tct.12322
33. Perlini S, Salinaro F, Santalucia P, Musca F. Simulation-guided cardiac auscultation improves medical students' clinical skills: The Pavia pilot experience. *Intern Emerg Med.* 2014;9(2):165-172. DOI: 10.1007/s11739-012-0811-z
34. Swamy M, Sawdon M, Chaytor A, Cox D, Barbaro-Brown J, McLachlan J. A study to investigate the effectiveness of SimMan® as an adjunct in teaching preclinical skills to medical students. *BMC Med Educ.* 2014;14:231. DOI: 10.1186/1472-6920-14-231
35. Swamy M, Bloomfield TC, Thomas RH, Singh H, Searle RF. Role of SimMan in teaching clinical skills to preclinical medical students. *BMC Med Educ.* 2013;13(1):13-18. DOI: 10.1186/1472-6920-13-20
36. Vattanavanit V, Kawla-led J, Bhurayanontachai R. High-fidelity medical simulation training improves medical students' knowledge and confidence levels in septic shock resuscitation. *Open Access Emerg Med.* 2017;9:1-7. DOI: 10.2147/OAEM.S122525
37. Kern DH, Mainous AG, Carey M, Beddingfield A. Simulation-based teaching to improve cardiovascular exam skills performance among third-year medical students. *Teach Learn Med.* 2011;23(1):15-20. DOI: 10.1080/10401334.2011.536753
38. Mangione S, Nieman LZ. Cardiac auscultatory skills among internal medicine and family practice trainees: A comparison of diagnostic proficiency. *JAMA.* 1997;278(9):717-722. DOI: 10.1001/jama.1997.03550090041030
39. Reilly BM. Physical examination in the care of medical inpatients: An observational study. *Lancet.* 2003;362(9390):1100-1105. DOI: 10.1016/S0140-6736(03)14464-9
40. Beech DJ, Domer FR. Utility of the case-method approach for the integration of clinical and basic science in surgical education. *J Cancer Educ.* 2002;17(3):161-164. DOI: 10.1080/08858190209528825
41. Hamstra SJ, Brydges R, Hatala R, Zendejas B, Cook DA. Reconsidering fidelity in simulation-based training. *Acad Med.* 2014;89(3):387-392. DOI: 10.1097/ACM.0000000000000130
42. Massoth C, Röder H, Ohlenburg H, Hessler M, Zarbock A, Pöpping DM, Wenk M. High-fidelity is not superior to low-fidelity simulation but leads to overconfidence in medical students. *BMC Med Educ.* 2019;19(1):29. DOI: 10.1186/s12909-019-1464-7
43. Miller GE. The assessment of clinical skills/competence/performance. *Acad Med.* 1990;65(9 Suppl):S63-S67. DOI: 10.1097/00001888-199009000-00045
44. Epstein RM, Hundert EM. Defining and Assessing Professional Competence. *JAMA.* 2002;287(2):226-235. DOI: 10.1001/jama.287.2.226
45. Adjedj J, Ducrocq G, Bouleti C, Reinhart L, Fabbro E, Elbez Y, Fischer Q, Tesniere A, Feldmann L, Varenne O. Medical student evaluation with a serious game compared to multiple choice questions assessment. *JMIR Serious Games.* 2017;5(2):e11. DOI: 10.2196/games.7033
46. Fonteneau T, Billion E, Abdoul C, Le S, Hadchouel A, Drummond D. Simulation game versus multiple choice questionnaire to assess the clinical competence of medical students: Prospective sequential trial. *J Med Internet Res.* 2020;22(12):e23254. DOI: 10.2196/23254
47. Ishak W, Nikraves R, Lederer S, Perry R, Ogunyemi D, Bernstein C. Burnout in medical students: A systematic review. *Clin Teach.* 2013;10(4):242-245. DOI: 10.1111/tct.12014
48. Dyrbye L, Shanafelt T. A narrative review on burnout experienced by medical students and residents. *Med Educ.* 2016;50(1):132-149. DOI: 10.1111/medu.12927
49. Kemp S, Hu W, Bishop J, Forrest K, Hudson JN, Wilson I, Teodorczuk A, Rogers GD, Roberts C, Wearn A. Medical student wellbeing - A consensus statement from Australia and New Zealand. *BMC Med Educ.* 2019;19(1):69. DOI: 10.1186/s12909-019-1505-2
50. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JP, Clarke M, Devereaux PJ, Kleijnen J, Moher D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med.* 2009;6(7):e1000100. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000100
51. PRISMA. PRISMA 2009 Flow German. Zugänglich unter/available from: <https://www.prisma-statement.org/Translations/Translations>

Korrespondenzadresse:

Niall McInerney
Mater Misericordiae University Hospital, UCD Centre for Precision Surgery, Eccles St, Dublin 7, Ireland
niallmcinerney@rcsi.com

Bitte zitieren als

McInerney N, Nally D, Khan MF, Heneghan H, Cahill RA. Performance effects of simulation training for medical students – a systematic review. *GMS J Med Educ.* 2022;39(5):Doc51.
DOI: 10.3205/zma001572, URN: urn:nbn:de:0183-zma0015725

Artikel online frei zugänglich unter

<https://doi.org/10.3205/zma001572>

Eingereicht: 06.02.2022

Überarbeitet: 19.06.2022

Angenommen: 04.08.2022

Veröffentlicht: 15.11.2022

Copyright

©2022 McInerney et al. Dieser Artikel ist ein Open-Access-Artikel und steht unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (Namensnennung). Lizenz-Angaben siehe <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.