

Evaluating the effectiveness of a structured, simulator-assisted, peer-led training on cardiovascular physical examination in third-year medical students: a prospective, randomized, controlled trial

Abstract

Background: Previous research suggests that cardiac examination skills in undergraduate medical students frequently need improvement. There are different ways to enhance physical examination (PE) skills such as simulator-based training or peer-assisted learning (PAL).

Aim: The aim of this study was to evaluate the effectiveness of a structured, simulator-assisted, peer-led training on cardiovascular PE.

Methods: Participants were third-year medical students at Leipzig University Faculty of Medicine. Students were randomly assigned to an intervention group (IG) and a control group (CG). In addition to standard curricular training, IG received a peer-led, simulator-based training in cardiac PE. Participant performance in cardiac PE was assessed using a standardized checklist with a maximum of 25 points. Primary outcome was assessed via checklist point distribution.

Results: 89 students were randomised to either CG ($n=43$) or IG ($n=46$) with 70 completing the study. Overall, IG students performed significantly better than CG students did (max. points: 25, $M \pm SD$ in IG was 17 ± 3 , in CG 12 ± 4 , $p < .0001$). Simple mistakes such as not using the stethoscope correctly were more frequent in CG students. Prior experience did not lead to a significant difference in performance.

Conclusions: Structured, peer-led and simulator-assisted teaching sessions improve cardiac PE skills in this setting compared to control students that did not receive this training.

Keywords: peer-assisted learning, physical examination, simulation training, undergraduate medical education, clinical competence

1. Introduction

1.1. Background

The physical examination (PE) is a fundamental part of the diagnostic process and plays an important role even in modern day medicine [1]. According to previous studies skills in cardiac PE are low. Especially diagnostic accuracy in auscultation of cardiac murmurs and sounds is insufficient [2]. Cardiac examination skills do not improve significantly from third-year medical students to residents and faculty with the exception of cardiology fellows [3]. One study by Nielsen et al. [4] found a positive correlation of experience in auscultation with diagnostic specificity only, but not with diagnostic sensitivity. Cardiac auscultation diagnostic accuracy may actually decline with time after graduation [5].

1.2. Simulators in medical education

Simulation technology is a valuable teaching tool in different medical fields [6], [7]. A life-sized cardiology patient simulator has been introduced and its value for teaching auscultation was tested with good results [8], [9]. Training using a cardiology patient simulator resulted in better cardiac examination skills compared with standard training when tested on standardized patients [10]. Successful transfer from simulation to real patients has been shown for cardiac auscultation [11], [12]. However, some studies suggest that simply adding a simulator to PE teaching is not sufficient to improve auscultation performance of undergraduate medical students [13].

1.3. Peer-assisted learning (PAL) in medical education

In order to face new challenges in teaching clinical skills due to limited financial and human resources, new

David M. Kronschnabl¹
Christoph Baerwald²
Daisy E. Rotzoll¹

¹ Leipzig University, Faculty of Medicine, LernKlinik Leipzig, Skills and Simulation Centre, Leipzig, Germany

² University of Leipzig, Department of Internal Medicine, Division of Rheumatology, Leipzig, Germany

teaching approaches are needed [14]. One possible answer to some of these challenges is PAL [15]. Using PAL in medical education can save money and can be as effective as faculty-led training for advanced cardiac resuscitation [16], musculoskeletal system examination [17], technical procedures [18] and basic PE [19].

While PAL is well established in medical education, there is still need for further investigation under which circumstances it is effective [20].

To our knowledge there have been no randomized, controlled trials investigating the effectiveness of cardiac PE teaching for undergraduate medical students using near-peer tutors as teachers and a simulator as aid.

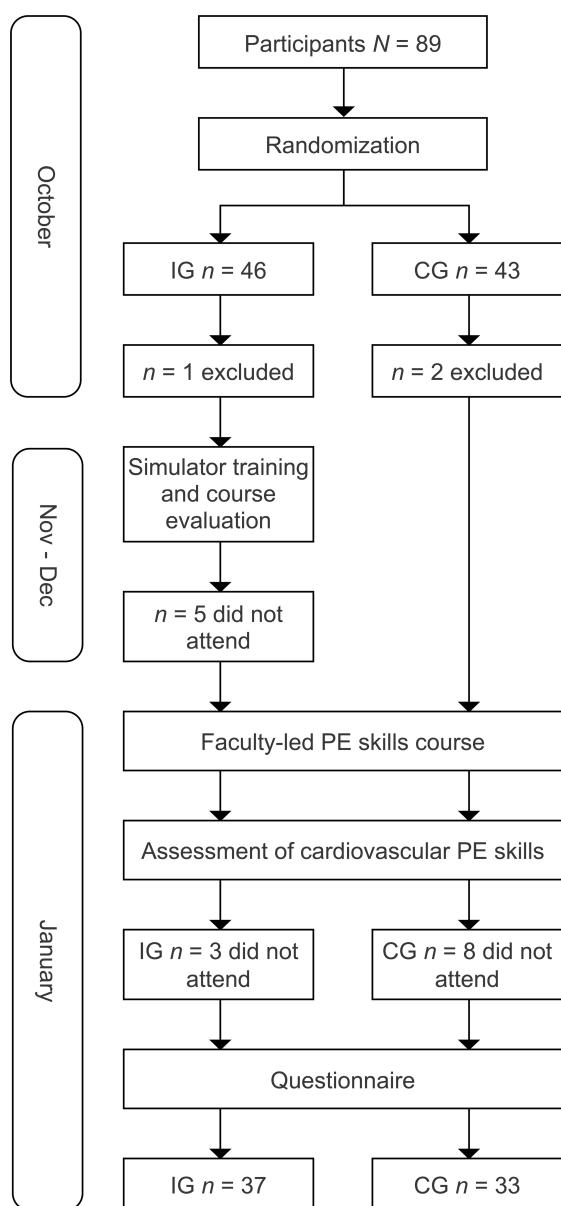
1.4. Aim of the study

The aim of this study was to evaluate the educational effectiveness of a structured, simulator-assisted, peer-led training on cardiovascular PE in third-year undergraduate medical students. Our main hypothesis was that this intervention would improve cardiac PE skills in the participants. We also investigated the influence of possible confounding variables, i.e. gender, age, prior experience, having the faculty-led PE skills course on a cardiology ward, having four or more of the five teaching sessions with the same faculty member, preparation for the skills assessment, time between the skills training and the skills assessment, time between the faculty-led PE skills course and the skills assessment.

2. Materials and methods

2.1. Study design

The study was a randomized, controlled trial. Figure 1 shows our study regimen und time schedule (see figure 1). All participants were volunteer third-year undergraduate medical students who received an ID-number and were randomized (random numbers in Excel 2011 Version 14.1.0 for Mac) to either the intervention group (IG) or control group (CG). All IG students attended one of the simulator-based, peer-led training sessions on cardiovascular PE at the University of Leipzig Faculty of Medicine, Skills and Simulation Centre. The sessions of the simulator training were held in November and December and students were asked to evaluate the course afterwards. CG students did not receive this training before completion of the study. This training was the first teaching of practical physical examination skills for these students. In January all participants took part in the faculty-led course on history-taking and PE. This curricular course consisted of lectures and bedside-teaching sessions in different medical specialties. The bedside teaching on PE skills in internal medicine was divided in five ninety-minute sessions, for which students were assigned to the medical wards in study groups of n=4-6 students. In these sessions, cardiovascular PE was included among other topics such as history taking and examination of the abdomen, lungs, musculoskeletal system, thyroid gland and lymph nodes. There was no standardized script or schedule used by all faculty members on the wards. Therefore, contents of the course might have varied or had a different focus. Simulators were not used in this course. After the faculty-led PE skills course, the participants' PE performance was assessed. Both groups were compared to assess the impact of the intervention. It should be noted that the results of the assessment had no influence on students' grading of the curricular course. In order to detect other influences on PE performance, all participants completed a questionnaire (see attachment 1) asking for gender, age and prior experience in cardiovascular PE (e.g. prior training in healthcare profes-



IG = intervention group

CG = control group

PE = physical examination

Figure 1: Study design

sions, nursing placement or civil service on a cardiology ward, other practical experience in cardiovascular PE). Additionally, students provided information on the faculty-led PE skills course (which medical ward, how many of the five teaching sessions were held by the same faculty member, time spent on preparation and follow-up during the course) and on whether they prepared for the skills assessment. The questionnaire was anonymous and linked to the corresponding checklist using ID-numbers.

2.2. Simulator training with the Cardiology Patient Simulator (CPS)

The simulator training took place in a peer-led format, in groups of no more than six participating students ($n=2-6$, mean group size $M=5,1$) and lasted 75 minutes. In this course, the cardiology patient simulator "K" [21] was used. This CPS is able to simulate jugular venous waves, arterial pulses of carotid, brachial, radial and femoral arteries, cardiac impulses, respiratory sounds, abdominal respiratory movements as well as heart sounds and murmurs that all synchronize with each other. All heart sounds and murmurs are recordings from real patients. Only physiological cardiac simulations were used in the training. The focus of this training was on the technique and the systematic approach of cardiovascular PE with inspection, palpation, percussion and auscultation. Functions of the stethoscope and basic principles of cardiac auscultation were also explained. Inspection was discussed using photographic material depicting pathological findings. The students practiced taking peripheral pulses on each other. Precordial palpation and auscultation of physiological heart sound were practiced on the CPS. Learning objectives of the course are shown in table 1. The same peer student tutor taught all groups. The peer student tutor was a 4th-year medical student who had been trained in heart auscultation, cardiovascular PE and medical didactics. He had been tutoring heart auscultation and cardiovascular PE for over a year at the faculty's Skills and Simulation Centre.

2.3. Skills assessment

We assessed the participants' performance using a standardized checklist (see figure 2) [22], [23]. This checklist has been adapted from a cardiac findings checklist by Hatala et al. [24] to match the participants' clinical knowledge. Our participants had received training in basic skills for PE, however, they had not yet received lectures or bedside teaching on cardiovascular diseases. Therefore, we assessed their PE technique only.

In order to get an objective evaluation, the examiner was blind to the group assignment. The same observer (D.K.) assessed all participants.

For the skills assessment, all participants were asked to perform a PE of the cardiovascular system on a healthy male student while commenting on what they were examining and why they were doing the manoeuvre. The time limit was five minutes. If participants wanted to take

a patient history or perform examinations not on the checklist, they were told to skip this part and carry on with the examination.

2.4. Participants

The participants were third-year undergraduate medical students at the Leipzig University Faculty of Medicine (Leipzig, Germany), who had just completed two years of preclinical studies and had neither done any clinical electives, nor received curricular bedside-teaching in PE, nor been admitted to training in the faculty's Skills and Simulation Centre on the subject matter. Students in training to be tutors at the Skills and Simulation Centre were excluded. With no previous exposure to PE skills and similar levels of previous experience in both groups, the same baseline level of competence in cardiac PE was expected. We obtained written informed consent for this study from all participants.

2.5. Data analysis

For statistical analysis, we used SPSS® Version 22. For normal distribution testing Shapiro-Wilk test was used. The groups were compared with Mann-Whitney U-test for non-normally distributed data and Student's t-test (independent samples) for normally distributed data. We performed Bonferroni's correction for comparing group performance in the individual checklist categories. Fisher's exact test was used for nominal data. Influences on the overall performance were examined with Student's t-test and Spearman's rank correlation coefficient (r_s). Additionally, a multiple linear regression was conducted with total points as the dependent variable and possible influences as independent variables (enter method). Only predictors which we had formulated a hypothesis for, and which had no missing values, were included in the regression model. Variables that did not improve the adjusted R^2 were excluded. In the first step of the hierarchical regression, only the remaining confounders were entered as independent variables. In the second step, group assignment was added to the first model to calculate the R^2 change. A two-sided p value of $<.05$ was considered statistically significant. Continuous results are presented as mean (M)±standard deviation (SD).

3. Results

3.1. Descriptive data

Out of $n=89$ students $n=70$ participants completed the study according to the protocol, $n=33$ in CG (23% dropouts) and $n=37$ in IG (20% dropouts) (see table 1). The majority of drop outs were due to students not taking part in the assessment (IG $n=3$, CG $n=8$). Furthermore, in the IG $n=5$ additional students neither attended the simulator training nor the assessment. Beyond that, $n=3$ participants had started to work as tutors at the Skills and

Table 1: Learning objectives of the peer-led, simulator-based course

After the course students are able to...
... recognize important peripheral signs of cardiovascular disease on inspection.
... palpate central and peripheral pulses and assess their quality.
... palpate precordial impulses.
... perform cardiac percussion.
... use a stethoscope including appropriate use of membrane and bell.
... identify the classic auscultation areas.
... reliably differentiate the first and the second heart sound.
... correctly perform cardiac auscultation.
... describe physiological findings on auscultation.

	Points
Student-simulated patient interaction The student introduces himself/herself with name and affiliation	<input type="text"/> of 1
Inspection The student looks for and states the following: <input type="checkbox"/> Head and neck: elevated jugular venous pressure <input type="checkbox"/> Cardiovascular: oedema <input type="checkbox"/> Respiratory: dyspnoea <input type="checkbox"/> Skin: for signs of cyanosis or anaemia <input type="checkbox"/> Extremities: finger clubbing other: _____	
1 point for each relevant* possible finding. Maximum 3 points.	<input type="text"/> of 3
Pulses The student takes the patient's pulse by palpating the radial artery unilaterally <input type="checkbox"/> ... palpates radial arteries bilaterally <input type="checkbox"/> ... palpates alternately carotid arteries bilaterally <input type="checkbox"/> ... palpates dorsalis pedis arteries bilaterally <input type="checkbox"/> ... palpates posterior tibial arteries bilaterally	<input type="text"/> of 1 <input type="checkbox"/> <input type="text"/> of 1
Precordial palpation The student feels for apical impulses in the 5th left intercostal space at the MCL	<input type="text"/> of 1
Cardiac percussion The student performs cardiac percussion with "middle finger on middle finger"-technique, pleximeter firm on thorax	<input type="text"/> of 1
Auscultation The student auscultates the 5 areas correctly and names them correctly: Erb's point: 3rd left intercostal space parasternally Aortic area: 2nd right intercostal space parasternally Pulmonary area: 2nd left intercostal space parasternally Tricuspid area: right lower sternal border Mitral area: 5th left intercostal space at the midclavicular line ... auscultates the patient with the stethoscope's eartips facing forward ... takes the radial pulse during auscultation ... uses both membrane and bell for auscultation ... auscultates the left axilla ... auscultates both carotid arteries	<input type="text"/> of 1 <input type="checkbox"/> <input type="text"/> of 1
Description of cardiac findings While describing his/her auscultation findings, the student assesses cardiac rhythm ... assesses cardiac frequency ... assesses heart sounds ... assesses presence of murmurs	<input type="text"/> of 1 <input type="checkbox"/> <input type="text"/> of 1
	<input type="text"/> of 25

Note.

MCL = midclavicular line

* considered relevant if listed as part of the cardiovascular examination either in Harrison's Principles of Internal Medicine 16th Edition chapter 209 'Physical examination of the cardiovascular system' (22) or in 'The diagnosis of heart disease by clinical assessment alone' by Chizner (23).

Figure 2: Cardiovascular physical examination, standardized assessment checklist

Table 2: Descriptive statistics for intervention group (IG) and control group (CG)

	IG (n = 37)	CG (n = 33)	p
Female	65% (n = 24)	61% (n = 20)	
Age in years: mean \pm SD (range)	23 \pm 3 (20 - 31)	23 \pm 3 (20 - 36)	
Prior experience ^a	35% (n = 13)	21% (n = 7)	.290
Faculty-led PE skills course on cardiology ward	30% (n = 11)	46% (n = 15)	.219
At least 4 out of 5 sessions of the faculty-led PE skills course with the same faculty member	60% (n = 22)	76% (n = 25)	.204
More than 30 minutes for preparation and follow-up during the faculty-led PE skills course ^b	19% (n = 7)	7% (n = 2)	.166
Prepared for skills assessment for more than 30 minutes	0% (n = 0)	6% (n = 2)	.219
Days between faculty-led PE skills course and skills assessment: mean \pm SD (range)	4.19 \pm 2.08 (0 - 11)	5.12 \pm 3.06 (0 - 14)	.229 [†]
Days between skillslab training and skills assessment: mean \pm SD (range)	53.95 \pm 8.92 (32 - 67)	not applicable	

Note. Fisher's exact test was used if not otherwise stated; [†]Mann-Whitney U test; ^aeither prior training in healthcare profession, nursing placement or civil service on a cardiology ward, other practical experience in cardiac PE; ^b4 missing answers, percentage of answers given (IG n=36, CG n=30)

Simulation Centre (IG n=1, CG n=2) and were therefore excluded. We discovered no significant differences between the groups with respect to gender, age and prior experience. The majority of students in both groups spent less than 30 minutes on preparation and follow-up during the faculty-led PE skills course as well as on preparation for the skills assessment (see table 2).

3.2. Students' evaluation of the simulation training

IG students found the peer student tutor to be very competent ($M=1.13\pm SD=0.34$ on the 6-point Likert scale, with 1 meaning "I agree completely" and 6 meaning "I disagree completely"). They liked the structure of the course (1.16 ± 0.37) and that the tutor was a student (1.18 ± 0.46). The students reported to have benefitted from the peer student tutor's feedback (1.53 ± 0.73) and to have gained more security in cardiovascular PE (2.00 ± 0.62). Almost all students found the training to be appropriate for third-year medical students, whereas only one found it slightly too easy. The theoretical aspects in the course were perceived to be very relevant for the practical exercises (1.45 ± 0.65). In contrast, students did not agree to statements that they had already sufficiently observed (4.63 ± 1.28), been shown and explained (4.47 ± 1.13) or done themselves (5.47 ± 0.89) cardiovascular PE in their previous medical education. The students rated the course with the German school grade 1.21 ± 0.43 (scale of 1 to 6 with 1 meaning "very good" and 6 meaning "insufficient"). The full report on the qualitative assessment can be seen online [25].

3.3. Skills assessment and group comparison

IG students performed significantly better than CG students did (IG $M=17.03\pm SD=3.01$, CG 11.82 ± 4.04 , $p<.0001$). They also received more points for inspection and pulses. For most of the other checklist categories we

saw a positive trend, but no statistically significant difference after Bonferroni's correction (see figure 3).

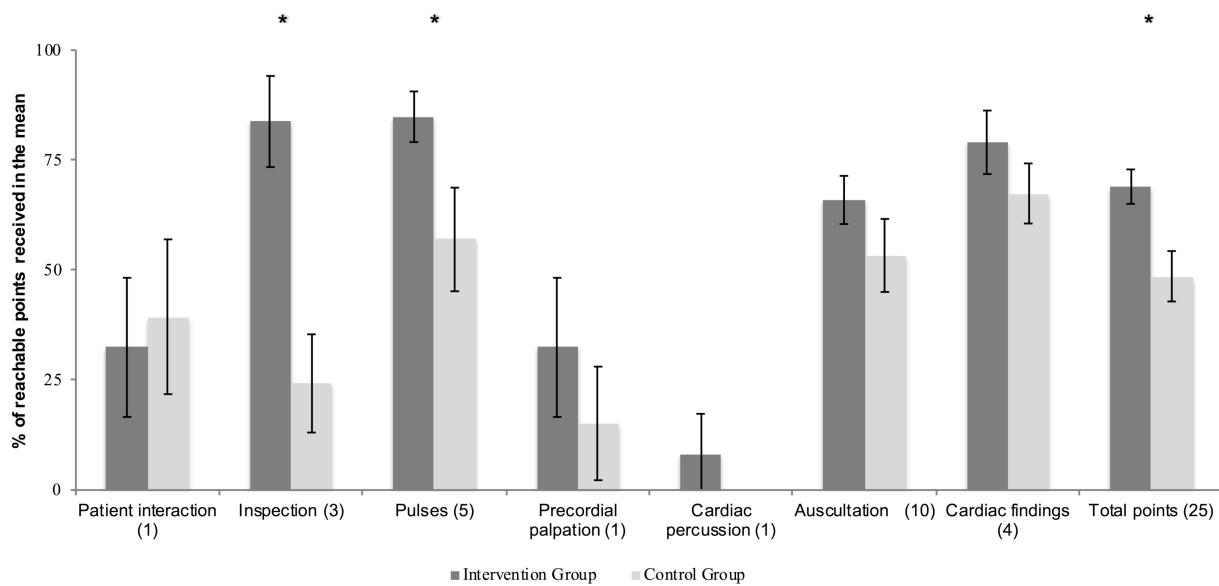
Visual inspection of the patient was performed more frequently in the IG compared to the CG (IG 92%, CG 42%, $p<.001$). IG students looked for more possible findings (IG 3.35 ± 1.57 , CG 0.73 ± 0.94 , $p<.001$). They also palpated the four arteries (radial, dorsalis pedis, posterior tibial and carotid arteries) more frequently bilaterally (IG 3.42 ± 0.86 , CG 1.94 ± 1.52 , $p<.001$). IG as well as CG students did not use both membrane and bell of the stethoscope on a regular basis (24% vs. 12%), take pulses simultaneously (35% vs. 27%) or auscultate the left axilla (43% vs. 33%). 78% of IG students and 52% of the control group auscultated the carotid arteries. 27% of CG students used the stethoscope with the ear pits facing the back of the head, whereas only one student of the intervention group (=3%) made this mistake ($p<.005$).

3.4. Influences on students' performance

We tested the possible confounders independently with Students' t-test and could not detect any positive influence of prior experience, having the faculty-led PE skills course on a cardiology ward and having four or more of the five teaching sessions with the same faculty member (see table 3). The influence of students' preparation for the skills assessment could not be assessed adequately, because only two students had prepared for more than 30 minutes. A longer time between the simulator training and the skills assessment did not significantly correlate with lower mean results ($r_s=-.08$; $p=.65$), whereas time between the faculty-led PE skills course and the skills assessment did ($r_s=-.26$; $p<.03$).

To correct for correlations between the confounding variables, a multiple linear regression was conducted as described above.

The histogram and scatterplot of standardized residuals showed approximately normally distributed errors and revealed no violations of the general assumptions of regression analysis. In addition, standard residuals showed

**Note.**

Maximum reachable points in brackets. Error bars are 95% CIs.

Significance level after Bonferroni's correction $p < .007$. $*p < .001$.**Figure 3: Group comparison in all checklist categories****Table 3: Relationship between possible confounders and performance in skills assessment**

	Independent variables	<i>b</i>	<i>SE_b</i>	β	95% CI of β	<i>t</i>	<i>p</i>
Step 1 (adjusted $R^2 = .17$; $p < .01$)							
	Prior experience	1.99	1.04	0.21	-0.01	0.43	1.91
	Faculty-led PE skills course on cardiology ward	-2.79	0.98	-0.31	-0.54	-0.09	-2.35
	Days between faculty-led PE skills course and skills assessment	-0.49	0.18	-0.29	-0.52	-0.07	-2.64
Step 2 (adjusted $R^2 = .40$; R^2 change = .23; $p < .0001$)							
	Prior experience	1.26	0.90	0.13	-0.06	0.32	1.40
	Faculty-led PE skills course on cardiology ward	-1.92	0.85	-0.22	-0.41	-0.03	-2.26
	Days between faculty-led PE skills course and skills assessment	-0.32	0.16	-0.19	-0.39	0	-2.01
	Intervention	4.32	0.84	0.50	0.31	0.70	5.14
							< .0001

Note. b = unstandardized regression coefficient; SE_b = standard error of estimate b ; β = standardized regression coefficient; CI = confidence interval; LL = lower limit; UL = upper limit, t = t -test statistic associated with b and SE_b .

no significant outliers ($\min=-2.22$, $\max=2.47$). Multicollinearity was no concern (tolerance $>.9$ for all variables; variance inflation factor ≤ 1.1 for all variables). Table 3 shows the final regression model and a significant R^2 change of $.23$ ($p < .0001$) for adding group affiliation to the first model. With regard to the possible confounding variables, the regression model had the same results as the individual analysis. Again, time in days between the faculty-led PE skills course and the skills assessment correlated with lower scores ($\beta=-.19$; $p=.048$).

4. Discussion

Even today, cardiac physical examination skills are still essential for clinical decision making. Our data confirmed our basic hypothesis that these skills can be improved

by addition of a structured, simulator-assisted, near-peer-led training to standard training. These results support the findings of Kern et al. [10], who have shown that simulator-based training can enhance cardiac PE skills in medical students when tested on healthy adults. In our study, this effect could be observed even 32–67 days after the intervention, suggesting a lasting positive effect. The simulator training featured PAL, simulator-assisted teaching and general principles of teaching like direct observation and clear learning objectives. Supervised hands-on practice opportunities with direct observation and feedback are crucial for developing PE skills, especially in the context of simulator-based teaching [6], [26]. The structure with clear learning objectives ensured that even the most basic aspects of cardiovascular PE, such as how to handle the stethoscope, were included in all teaching sessions. On the other hand, some teaching

physicians might have taken this knowledge for granted. As a result, simple mistakes were less frequent in the intervention group. Additionally, IG students might have benefitted more from the curricular PE skills course than their peers, because they were feeling more comfortable [27], or the simulator course led to a better basis for the curricular course.

We only tested cardiac PE technique because our students were still in the first clinical year. At a later stage of their training students should be tested for both PE technique and diagnostic accuracy because correct PE technique does not automatically lead to a high diagnostic accuracy [28].

The investigated possible confounders appear to have little impact on students' performance in comparison to our intervention. This emphasizes the role of structured teaching in comparison to those confounders. It seems that prior experience without structured teaching is not a good predictor of cardiac PE skills.

Students who had the curricular PE skills course on a cardiology ward scored lower points than students who had the course on a non-cardiology internal medicine ward ($\beta=-.22$, $p=.03$). The result does not prove lower-quality teaching on our cardiology wards, but rather suggests a different emphasis in teaching due to a lack of standardization. Furthermore, one should keep in mind that the curricular PE course in internal medicine consists of more than cardiac PE.

Moreover, this study is in line with data on lacking PE skills in medical students [29], [30]. In a way, the unsatisfactory overall performance is understandable, because the students had only received one week of training, but Haring et al. [31] found that even after curricular training and a clerkship in internal medicine students often performed an incomplete physical examination. Omitting a relevant part of the physical examination has been linked to a wide variety of adverse effects [32]. Teaching basic PE skills should therefore remain a main concern in medical education.

Regarding students' evaluation of the simulator course, the results were not surprising. The positive feedback on the additional training supports previous findings that PAL is well received by students [33], [34]. Considering that the simulator training was held even before the curricular PE skills course, we also expected the students to report a lack of training and practical experience in PE so far.

The main limitation of this study is the difference in total teaching time between the two groups. Since IG students received 75 minutes of additional training, our study cannot show that the intervention is superior to standard training. Nonetheless, the addition of peer-led, simulator-based training was successful in enhancing students cardiac PE performance. Furthermore, D.K., who assessed the participants' performance, was a medical student who was trained in cardiac PE as a peer student tutor, and not a cardiologist. However, students have been used successfully as examiners in objective structured clinical examinations [35]. The transferability of our results is

also limited by the small number of observations, the sample from only one medical school and one curriculum and the fact that the simulator training sessions were held by only one tutor.

Suggestions for further studies include a three-armed study to compare this intervention with additional standard teaching and additional training with another modern teaching modality (e.g. e-learning-intervention) for a one-year cohort of n=320 students and with long-term follow-up.

5. Conclusion

Skills of third-year undergraduate medical students in cardiovascular physical examination require improvement. The addition of structured, peer-led and simulator-assisted teaching sessions are an effective way to improve these skills.

Data

Data for this article are available from the Dryad Digital Repository: <https://doi.org/10.5061/dryad.r7sqv9s8w> [25]

Acknowledgements

We thank all participating students.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Attachments

Available from

<https://www.egms.de/en/journals/zma/2021-38/zma001504.shtml>

1. Attachment_1.pdf (103 KB)
Student questionnaire

References

1. Zaman JA. The Enduring Value of the Physical Examination. *Med Clin North Am.* 2018;102(3):417-423. DOI: 10.1016/j.mcna.2017.12.003
2. Mangione S. Cardiac auscultatory skills of physicians-in-training: a comparison of three English-speaking countries. *Am J Med.* 2001;110(3):210-216. DOI: 10.1016/S0002-9343(00)00673-2
3. Vukanovic-Criley JM, Criley S, Warde CM, Boker JR, Guevara-Matheus L, Churchill WH, Nelson WP, Criley JM. Competency in cardiac examination skills in medical students, trainees, physicians, and faculty: a multicenter study. *Arch Intern Med.* 2006;166(6):610-616. DOI: 10.1001/archinte.166.6.610

4. Nielsen T, Mølgaard H, Ringsted C, Eika B. The development of a new cardiac auscultation test: How do screening and diagnostic skills differ? *Med Teach.* 2010;32(1):56-61. DOI: 10.3109/01421590802572767
5. Lam MZ, Lee TJ, Boey PY, Ng WF, Hey HW, Ho KY, Cheong PY. Factors influencing cardiac auscultation proficiency in physician trainees. *Singapore Med J.* 2005;46(1):11-14.
6. Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Lee Gordon D, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach.* 2005;27(1):10-28. DOI: 10.1080/01421590500046924
7. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, Erwin PJ, Hamstra SJ. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis. *JAMA.* 2011;306(9):978-988. DOI: 10.1001/jama.2011.1234
8. Ewy GA, Felner JM, Juul D, Mayer JW, Sajid AW, Waugh RA. Test of a cardiology patient simulator with students in fourth-year electives. *J Med Educ.* 1987;62(9):738-743. DOI: 10.1097/00001888-198709000-00005
9. Gordon MS, Ewy GA, DeLeon AC, Waugh RA, Felner JM, Forker AD, Gessner ICH, Mayer JW, Patterson D. "Harvey," the cardiology patient simulator: pilot studies on teaching effectiveness. *Am J Cardiol.* 1980;45(4):791-796. DOI: 10.1016/0002-9149(80)90123-X
10. 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
11. Butter J, McGaghie WC, Cohen ER, Kaye M, Wayne DB. Simulation-based mastery learning improves cardiac auscultation skills in medical students. *J Gen Intern Med.* 2010;25(8):780-785. DOI: 10.1007/s11606-010-1309-x
12. Fraser K, Wright B, Girard L, Tworek J, Paget M, Welikovich L, McLaughlin K. Simulation training improves diagnostic performance on a real patient with similar clinical findings. *Chest.* 2011;139(2):376-381. DOI: 10.1378/chest.10-1107
13. 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
14. Parry J, Mathers J, Thomas H, Lilford R, Stevens A, Spurgeon P. More students, less capacity? An assessment of the competing demands on academic medical staff. *Med Educ.* 2008;42(12):1155-1165. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2008.03234.x
15. Topping KJ. The effectiveness of peer tutoring in further and higher education: A typology and review of the literature. *High Educ.* 1996;32(3):321-345. DOI: 10.1007/BF00138870
16. Hughes TC, Jiwaji Z, Lally K, Lloyd-Lavery A, Lota A, Dale A, Janas R, bulstrode CJ. Advanced Cardiac Resuscitation Evaluation (ACRE): a randomised single-blind controlled trial of peer-led vs. expert-led advanced resuscitation training. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2010;18:3. DOI: 10.1186/1757-7241-18-3
17. Graham K, Burke JM, Field M. Undergraduate rheumatology: can peer-assisted learning by medical students deliver equivalent training to that provided by specialist staff? *Rheumatology (Oxford).* 2008;47(5):652-655. DOI: 10.1093/rheumatology/ken048
18. Weyrich P, Celebi N, Schrauth M, Möltner A, Lammerding-Köppel M, Nikendei C. Peer-assisted versus faculty staff-led skills laboratory training: a randomised controlled trial. *Med Educ.* 2009;43(2):113-120. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2008.03252.x
19. Haist SA, Wilson JF, Fosson SE, Brigham NL. Are fourth-year medical students effective teachers of the physical examination to first-year medical students? *J Gen Intern Med.* 1997;12(3):177-181. DOI: 10.1007/s11606-006-5026-4
20. Herrmann-Werner A, Gramer R, Erschens R, Nikendei C, Wosnik A, Griewatz J, Zipfel S, Junne F. Peer-assisted learning (PAL) in undergraduate medical education: An overview. *Z Evid Fortbild Qual Gesundhwes.* 2017;121:74-81. DOI: 10.1016/j.zefq.2017.01.001
21. Takashina T, Shimizu M, Katayama H. A new cardiology patient simulator. *Cardiology.* 1997;88(5):408-413. DOI: 10.1159/000177369
22. O'Rourke R, Braunwald E. Physical examination of the cardiovascular system. In: Kasper D, Braunwald E, Hauser S, Longo D, Jameson J, Fauci A, editors. *Harrison's principles of internal medicine.* 16th ed. New York (NY), USA: McGraw-Hill; 2005. p.1304-1311.
23. Chizner MA. The diagnosis of heart disease by clinical assessment alone. *Curr Probl Cardiol.* 2001;26(5):285-379. DOI: 10.1067/mcd.2001.115501
24. Hatala R, Scalese RJ, Cole G, Bacchus M, Kassen B, Issenberg SB. Development and validation of a cardiac findings checklist for use with simulator-based assessments of cardiac physical examination competence. *Simul Healthc.* 2009;4(1):17-21. DOI: 10.1097/SIH.0b013e318183142b
25. Kronschnabl DM, Baerwald C, Rotzoll DE. Data from: Evaluating the effectiveness of a structured, simulator-assisted, peer-led training on cardiovascular physical examination in third-year medical students: a prospective, randomized, controlled trial. Dryad Digital Repository. 2021. DOI: 10.5061/dryad.r7sqv9s8w
26. McKinney J, Cook DA, Wood D, Hatala R. Simulation-based training for cardiac auscultation skills: systematic review and meta-analysis. *J Gen Intern Med.* 2013;28(2):283-291. DOI: 10.1007/s11606-012-2198-y
27. Whipple ME, Barlow CB, Smith S, Goldstein EA. Early introduction of clinical skills improves medical student comfort at the start of third-year clerkships. *Acad Med.* 2006;81(10 Suppl):S40-43.
28. Hatala R, Issenberg SB, Kassen BO, Cole G, Bacchus CM, Scalese RJ. Assessing the relationship between cardiac physical examination technique and accurate bedside diagnosis during an objective structured clinical examination (OSCE). *Acad Med.* 2007;82(10 Suppl):S26-29. DOI: 10.1097/ACM.0b013e31814002f1
29. Krautter M, Diefenbacher K, Koehl-Hackert N, Buss B, Nagelmann L, Herzog W, Jünger J, Nikendei C. Short communication: final year students' deficits in physical examination skills performance in Germany. *Z Evid Fortbild Qual Gesundhwes.* 2015;109(1):59-61. DOI: 10.1016/j.zefq.2015.01.003
30. Störmann S, Stankiewicz M, Raes P, Berchtold C, Kosanke Y, Illes G, Loose P, Angstwurm MW. How well do final year undergraduate medical students master practical clinical skills? *GMS J Med Educ.* 2016;33(4):Doc58. DOI: 10.3205/zma001057
31. Haring CM, Cools BM, van der Meer JW, Postma CT. Student performance of the general physical examination in internal medicine: an observational study. *BMC Med Educ.* 2014;14:73. DOI: 10.1186/1472-6920-14-73
32. Verghese A, Charlton B, Kassirer JP, Ramsey M, Ioannidis JP. Inadequacies of Physical Examination as a Cause of Medical Errors and Adverse Events: A Collection of Vignettes. *Am J Med.* 2015;128(12):1322-1324. DOI: 10.1016/j.amjmed.2015.06.004
33. Field M, Burke JM, McAllister D, Lloyd DM. Peer-assisted learning: a novel approach to clinical skills learning for medical students. *Med Educ.* 2007;41(4):411-418. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2007.02713.x

34. Weyrich P, Schrauth M, Kraus B, Habermehl D, Netzhammer N, Zipfel S, Jünger J, Riessen R, Nikendei C. Undergraduate technical skills training guided by student tutors—analysis of tutors' attitudes, tutees' acceptance and learning progress in an innovative teaching model. *BMC Med Educ.* 2008;8:18. DOI: 10.1186/1472-6920-8-18
35. Chenot JF, Simmenroth-Nayda A, Koch A, Fischer T, Scherer M, Emmert B, Stanske B, Kochen MM, Himmel W. Can student tutors act as examiners in an objective structured clinical examination? *Med Educ.* 2007;41(11):1032-1038. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2007.02895.x

Please cite as

Kronschnabl DM, Baerwald C, Rotzoll DE. Evaluating the effectiveness of a structured, simulator-assisted, peer-led training on cardiovascular physical examination in third-year medical students: a prospective, randomized, controlled trial. *GMS J Med Educ.* 2021;38(6):Doc108. DOI: 10.3205/zma001504, URN: urn:nbn:de:0183-zma0015042

This article is freely available from

<https://www.egms.de/en/journals/zma/2021-38/zma001504.shtml>

Received: 2020-06-25

Revised: 2021-03-31

Accepted: 2021-06-25

Published: 2021-09-15

Copyright

©2021 Kronschnabl 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/>.

Corresponding author:

Daisy E. Rotzoll
Leipzig University, Faculty of Medicine, LernKlinik Leipzig,
Skills and Simulation Centre, Liebigstr. 23-25, D-04103
Leipzig, Germany, Phone: +49 (0)341/97-15171, Fax:
+49 (0)341/97-15179
daisy.rotzoll@medizin.uni-leipzig.de

Prospektive, kontrollierte, randomisierte Untersuchung der Wirksamkeit eines simulatorgestützten, Peer-geleiteten Zusatztrainings zur körperlichen Untersuchung des Herzkreislaufsystems bei Studierenden im ersten klinischen Jahr vor dem Untersuchungskurs Innere Medizin

Zusammenfassung

Hintergrund: Vorangegangene Untersuchungen deuten darauf hin, dass die kardiologische Untersuchungskompetenz von Medizinstudierenden häufig Verbesserungswürdig ist. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Fertigkeiten der körperlichen Untersuchung (KU) zu verbessern, wie z. B. simulatorgestütztes Training oder „Peer-Assisted Learning“ (PAL).

Ziel: Ziel dieser Studie war es, die Wirksamkeit eines strukturierten, simulatorgestützten und Peer-geleiteten Trainings bzgl. der KU des Herzkreislaufsystems zu evaluieren.

Methoden: Teilnehmende waren Medizinstudierende im ersten klinischen Jahr der Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig. Die Studierenden wurden nach dem Zufallsprinzip einer Interventionsgruppe (IG) oder einer Kontrollgruppe (KG) zugewiesen. Zusätzlich zur curricularen Ausbildung erhielt die IG ein Peer-geleitetes, simulatorgestütztes Training in KU des Herzkreislaufsystems. Die Leistung der Teilnehmenden wurde unter Verwendung einer standardisierten Checkliste mit einem Höchstwert von 25 Punkten eingeschätzt. Der primäre Endpunkt war die mittels Checkliste vergebene Punktzahl.

Ergebnisse: 89 Studierende wurden in KG ($n=43$) oder IG ($n=46$) randomisiert, wobei 70 die Studie vollendeten. Insgesamt war die Leistung der Studierenden in der IG signifikant besser, als die der Studierenden in der KG (Höchstpunktzahl: 25, $M \pm SD$ IG 17 ± 3 , KG 12 ± 4 , $p < .0001$). Einfache Fehler, wie die nicht korrekte Verwendung des Stethoskops traten bei Studierenden der KG häufiger auf. Vorerfahrung im medizinischen Bereich führte nicht zu einem signifikanten Unterschied in der Leistung.

Schlussfolgerungen: Strukturierte, Peer-geleitete, simulatorgestützte Lehrunterweisungen verbessern in diesem Setting kardiale KU-Fertigkeiten in der IG im Vergleich zur KG ohne ein solches Training.

Schlüsselwörter: Peer-Assisted-Learning, körperliche Untersuchung, Simulationstraining, klinischer Studienabschnitt, klinische Kompetenz

1. Einführung

1.1. Hintergrund

Die körperliche Untersuchung (KU) ist ein fundamentaler Bestandteil des diagnostischen Prozesses und spielt selbst in der modernen Medizin noch eine wichtige Rolle [1]. Bisherigen Studien zufolge sind die Fertigkeiten bzgl. kardialer KU gering. Insbesondere die diagnostische Ge-

nauigkeit bei der Auskultation von Herzgeräuschen und Herztönen ist unzureichend [2]. Kardiale Untersuchungsfertigkeiten verbessern sich nicht signifikant auf dem Ausbildungsweg vom Studierenden im ersten klinischen Jahr zu Assistenzärzten und Lehrkräften, mit Ausnahme von Ärzten in der Kardiologie [3]. Eine Studie von Nielsen et al. [4] fand lediglich eine positive Korrelation zwischen Erfahrung bei der Auskultation und diagnostischer Spezifität, nicht aber der Sensitivität. Die diagnostische Genauigkeit kardialer Auskultation könnte nach dem Studienabschluss sogar schrittweise abnehmen [5].

1.2. Simulatoren in der Medizinausbildung

Die Simulationstechnologie ist ein wertvolles Lehrmittel auf verschiedenen ärztlichen Gebieten [6], [7]. Ein lebensgroßer Kardiologiepatienten-Simulator wurde eingeführt und sein Wert für das Unterrichten von Auskultation wurde mit guten Ergebnissen getestet [8], [9]. Trainings unter Verwendung eines Kardiologiepatienten-Simulators führten zu besseren kardialen Untersuchungsfertigkeiten im Vergleich zur konventionellen Ausbildung an standardisierten Patienten [10]. Ein erfolgreicher Transfer von der Simulation auf echte Patienten ist für die kardiale Auskultation aufgezeigt worden [11], [12]. Jedoch deuten einige Studien darauf hin, dass die alleinige Hinzunahme eines Simulators zum Unterrichten von KU nicht ausreicht, um die Auskultationsleistung von Medizinstudierenden zu verbessern [13].

1.3. „Peer-Assisted Learning“ (PAL) in der Medizinausbildung

Um bei der Lehre klinischer Fertigkeiten neuen Herausforderungen zu begegnen, sind wegen begrenzter finanzieller und personeller Ressourcen neue Lehransätze gefragt [14]. Eine mögliche Antwort auf diese Herausforderung ist PAL [15]. Die Nutzung von PAL in der Medizinausbildung kann Geld einsparen und genauso wirksam sein wie ein fakultäts geleitetes Training in erweiterten Reanimationsmaßnahmen [16], Untersuchung des musculoskelettalen Systems [17], prozeduralen Fertigkeiten [18] und allgemeiner KU [19].

Obwohl PAL in der Medizinausbildung gut etabliert ist, besteht noch immer Bedarf an weiteren Untersuchungen, unter welchen Umständen es effektiv ist [20].

Nach unserer Kenntnis gibt es keine randomisierten, kontrollierten Studien zum Nutzen eines simulatorbasierten Kurses zur KU des Herzkreislaufsystems für Medizinstudierende unter Zuhilfenahme von Near-Peer Tuto ren.

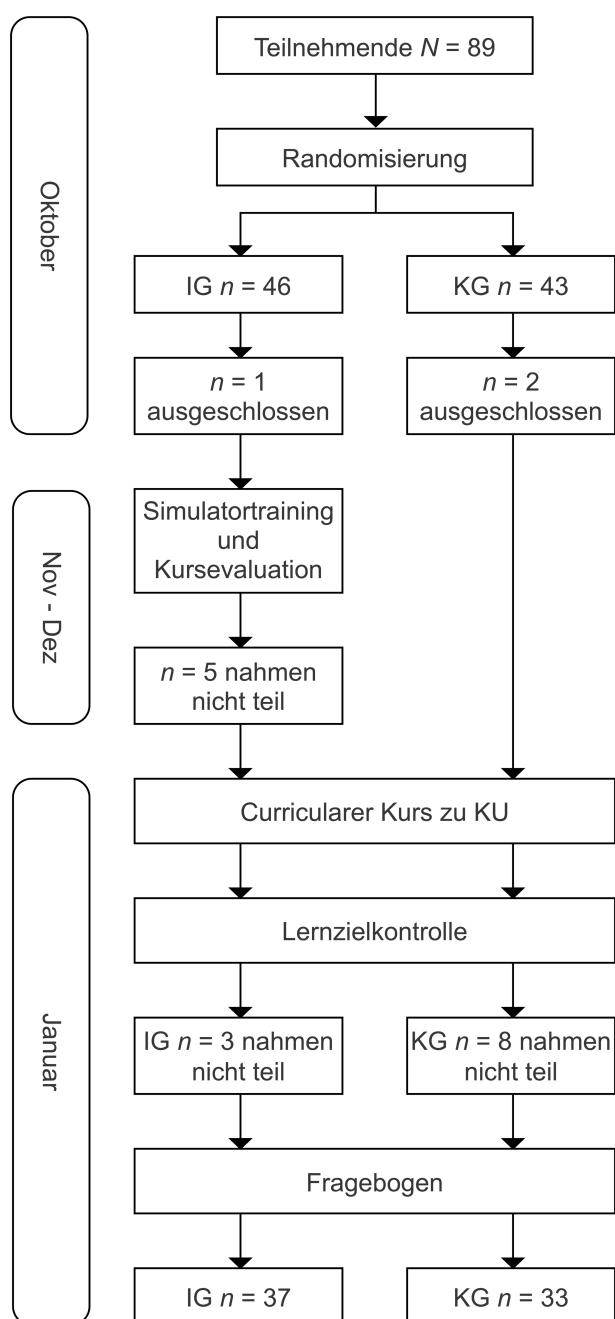
1.4. Ziel der Studie

Das Ziel dieser Studie war es, die didaktische Wirksamkeit eines strukturierten, simulatorgestützten, Peer geleiteten Trainings bzgl. der KU des Herzkreislaufsystems bei Medizinstudierenden im ersten klinischen Jahr zu evaluieren. Unsere Haupthypothese war, dass diese Intervention die Fertigkeiten der Teilnehmenden in Bezug auf die KU des Herzkreislaufsystems verbessern würde. Wir untersuchten zudem den Einfluss möglicher Störvariablen, d. h. Geschlecht, Alter, Vorerfahrung, Teilnahme am curricularen KU-Kurs auf der Kardiologiestation, Kontinuität des Lehrpersonals des curricularen KU-Kurses, Vorbereitung auf die Lernzielkontrolle, Zeitraum zwischen Training und Lernzielkontrolle sowie Zeitraum zwischen curricularem KU-Kurs und Lernzielkontrolle.

2. Material und Methoden

2.1. Studienentwurf

Die Studie war eine randomisierte, kontrollierte Untersuchung. Abbildung 1 zeigt unseren Studienentwurf und den zeitlichen Ablaufplan (siehe Abbildung 1). Alle Teilnehmenden waren freiwillige Medizinstudierende im ersten klinischen Jahr. Sie erhielten eine ID-Nummer und wurden in Interventionsgruppe (IG) oder Kontrollgruppe (KG) randomisiert. Sämtliche Studierende der IG besuchten einen simulatorgestützten, Peer geleiteten Trainingskurs zur KU des Herzkreislaufsystems an der LernKlinik der Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig. Die Simulatortrainings fanden im November und Dezember statt. Die Studierenden wurden gebeten, den Kurs im Nachhinein zu evaluieren. Studierende der KG erhielten dieses Training vor Beendigung der Studie nicht. Dieses Training war für die Studierenden der erste Unterricht zu praktischen körperlichen Untersuchungsfertigkeiten. Im Januar nahmen alle Studierenden am curricularen Kurs zur Anamneseerhebung und KU teil. Dieser Kurs bestand aus Vorlesungen und Unterricht am Krankenbett in unterschiedlichen medizinischen Fachgebieten. Der Unterricht am Krankenbett bzgl. KU-Fertigkeiten in der Inneren Medizin bestand aus fünf neunzigminütigen Einheiten, zu denen die Studierenden in Kursgruppen von $n=4-6$ Studierenden zugeteilt wurden. Diese Lehreinheiten umfassten neben der KU des Herzkreislaufsystems auch weitere Themen wie Anamneseerhebung und Untersuchung von Abdomen, Lunge, musculoskelettalem System, Schilddrüse und Lymphknoten. Es gab kein standardisiertes Skript oder Strukturaufriß, der von allen Lehrkräften verwendet wurde. Daher konnten Inhalte des Kurses voneinander abweichen oder unterschiedliche Schwerpunkte haben. Simulatoren wurden dabei nicht verwendet. Nach dem curricularen KU-Kurs wurde die Leistung der Teilnehmenden bzgl. KU bewertet. Beide Gruppen wurden miteinander verglichen, um den Effekt der Intervention einzuschätzen. Es ist anzumerken, dass die Ergebnisse der Lernzielkontrolle im Rahmen der Studie keinen Einfluss auf die Benotung der Studierenden im Lehrplankurs hatten. Um weitere Einflussfaktoren auf die KU-Leistung zu finden, füllten alle Teilnehmenden einen Fragebogen aus (siehe Anhang 1), in dem nach Geschlecht, Alter und Vorerfahrung bei KU des Herzkreislaufsystems (z. B. frühere Ausbildung in Gesundheitsberufen, Pflegepraktika oder Zivildienst auf einer Kardiologiestation, sonstige praktische Erfahrung bzgl. KU des Herzkreislaufsystems) gefragt wurde. Zusätzlich machten die Studierenden Angaben zum curricularen KU-Kurs (welche Station, wie viele der fünf Unterrichtseinheiten von derselben Lehrkraft geleitet wurden, aufgewendete Zeit zur Vor- und Nachbereitung des Kurses), und ob sie sich auf die Studien-Lernzielkontrolle vorbereitet hatten. Der Fragebogen war anonym und mit der Checkliste unter Verwendung der ID-Nummern verknüpft.



IG = Interventionsgruppe
KG = Kontrollgruppe
KU = Körperliche Untersuchung

Abbildung 1: Studiendesign

2.2. Simulatortraining mit Kardiologiepatienten-Simulator (CPS)

Das Simulatortraining fand im Peer-geleiteten Format in Gruppen von nicht mehr als sechs Studierenden ($n=2-6$, mittlere Gruppengröße $M=5,1$) statt und dauerte 75 Minuten. In diesem Kurs wurde der Kardiologiepatienten-Simulator „K“ [21] verwendet. Dieser CPS ist in der Lage Jugularvenenpuls, Pulse der Aa. carotides, brachiales, radiales und femorales, den Herzspitzenstoß, Atemgeräusche, abdominale Atembewegungen sowie Herztöne

und Herzgeräusche zu simulieren, die alle miteinander synchronisiert sind. Sämtliche Herztöne und -geräusche wurden bei echten Patienten aufgenommen. In unserem Training wurden nur physiologische kardiale Simulationen verwendet. Der Schwerpunkt des Kurses lag auf der Untersuchungstechnik und der systematischen Herangehensweise an die KU des Herzkreislaufsystems mit Inspektion, Palpation, Perkussion und Auskultation. Die Funktionen des Stethoskops und die Grundprinzipien der kardialen Auskultation wurden ebenfalls erklärt. Unter Verwendung von Fotomaterial pathologischer Befunde wurde die Inspektion besprochen. Die Studierenden übten das Tasten der peripheren Pulse aneinander. Palpation des Herzspitzenstoßes und Auskultation der physiologischen Herztöne wurden am CPS geübt. Die Lernziele des Kurses sind in Tabelle 1 dargestellt. Alle Gruppen wurden vom selben Peer-Tutor unterrichtet. Der Peer-Tutor war ein Medizinstudent im 2. klinischen Jahr, der in Herzauskultation, KU des Herzkreislaufsystems und Medizindidaktik ausgebildet war. Er war seit mehr als einem Jahr Tutor für Herzauskultation und KU des Herzkreislaufsystems an der LernKlinik der Fakultät.

2.3. Lernzielkontrolle

Wir bewerteten die Leistung der Teilnehmenden unter Verwendung einer standardisierten Checkliste (siehe Abbildung 2) [22], [23]. Wir orientierten uns an der Checkliste zu kardialen Untersuchungsbefunden von Hatala et al. [24] und passten sie den klinischen Kenntnissen der Teilnehmenden an. Unsere Teilnehmenden hatten zum Zeitpunkt der Lernzielkontrolle den curricularen Untersuchungskurs absolviert, jedoch weder Vorlesungen oder Unterricht am Krankenbett zu kardiologischen Krankheitsbildern erhalten. Daher bewerteten wir nur ihre Untersuchungstechnik.

Um eine objektive Evaluation zu erhalten, war der Prüfer bezüglich der Gruppenzugehörigkeit verblindet. Derselbe Beobachter (D.K.) bewertete alle Teilnehmenden.

Zur Lernzielkontrolle wurden die Teilnehmenden gebeten, eine KU des Herzkreislaufsystems an einem männlichen gesunden Studenten vorzunehmen. Dabei sollten sie sowohl die Durchführung als auch die Fragestellung der jeweiligen Untersuchung kommentieren. Dazu standen ihnen fünf Minuten zur Verfügung. Wenn Teilnehmende die Anamnese erheben oder Untersuchungen durchführen wollten, die nicht auf der Checkliste standen, wurden sie aufgefordert diesen Teil zu überspringen und mit der Untersuchung fortfahren.

2.4. Teilnehmende

Die Teilnehmenden waren Medizinstudierende im ersten klinischen Jahr an der Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig (Leipzig/Deutschland), die gerade den zweijährigen präklinischen Studienabschnitt beendet hatten. Sie hatten bislang weder Famulaturen, Unterricht am Krankenbett, noch Kurse an der LernKlinik Leipzig zu klinischer Untersuchung absolviert. Studierende, die sich

Tabelle 1: Lernziele des Peer-geleiteten, simulatorgestützten Kurses

Nach dem Kurs sind die Studierenden in der Lage ...
... wichtige periphere Zeichen von Herzkreislauferkrankungen bei der Inspektion zu erkennen.
... zentrale und periphere Pulse zu ertasten und ihre Qualität einzuschätzen.
... den Herzspitzenstoß zu ertasten.
... eine kardiale Perkussion durchzuführen.
... ein Stethoskop korrekt inklusive angemessener Verwendung von Membran und Trichter zu benutzen.
... die klassischen Auskultationsfelder zu identifizieren.
... zuverlässig zwischen erstem und zweitem Herzton zu unterscheiden.
... die kardiale Auskultation korrekt durchzuführen.
... physiologische Auskultationsbefunde zu beschreiben.

in der Ausbildung zum Tutor an der LernKlinik befanden, wurden ausgeschlossen. Unter oben genannten Aspekten setzten wir ein vergleichbares Ausgangsniveau bezüglich der Fertigkeiten in der KU des Herzkreislaufsystems in beiden Gruppen voraus. Wir holten von allen Teilnehmenden eine schriftliche Einverständniserklärung ein.

2.5. Datenanalyse

Zur statistischen Analyse verwendeten wir SPSS® Version 22. Für die Prüfung auf Normalverteilung wurde der Shapiro-Wilk-Test verwendet. Die Gruppen wurden für nicht normal verteilte Daten mit dem Mann-Whitney-U-Test und für normal verteilte Daten mithilfe des t-Tests (für unabhängige Stichproben) verglichen. Zum Vergleich der Leistung der Gruppen in den einzelnen Checklistenkategorien führten wir eine Bonferroni-Korrektur durch. Der exakte Test nach Fisher wurde für nominale Daten verwendet. Einflüsse auf die Gesamtleistung wurden mithilfe des t-Tests und des Spearman'schen Rangkorrelationskoeffizienten (r_s) untersucht. Zusätzlich wurde eine multiple lineare Regression mit der Gesamtpunktzahl als abhängige Variable und möglichen Einflüssen als unabhängige Variablen (enter method) durchgeführt. Es wurden nur Prädiktoren in das Regressionsmodell aufgenommen, für die wir eine Hypothese formuliert hatten und die keine fehlenden Werte aufwiesen. Variablen, die das korrigierte R^2 nicht verbesserten, wurden ausgeschlossen. Im ersten Schritt der hierarchischen Regression wurden nur die verbleibenden Störvariablen als unabhängige Variablen aufgenommen. Im zweiten Schritt wurde dem ersten Modell die Gruppenzugehörigkeit hinzugefügt, um die Änderung des korrigierten R^2 zu berechnen. Ein zweiseitiger p Wert von $<.05$ wurde als statistisch signifikant erachtet. Kontinuierliche Daten werden als Mittelwert (M)±Standardabweichung dargestellt (SD).

3. Ergebnisse

3.1. Deskriptive Daten

Von $n=89$ Studierenden vollendeten $n=70$ die Studie gemäß Protokoll, $n=33$ in der KG (23% Ausfallquote) und $n=37$ in der IG (20% Ausfallquote) (siehe Tabelle 1). Die

Mehrzahl der Drop-outs waren Studierende, die nicht zur Lernzielkontrolle erschienen (IG $n=3$, KG $n=8$). Zudem nahmen in der IG zusätzlich $n=5$ Studierende weder am Simulatortraining noch an der Lernzielkontrolle teil. Darauf hinaus begannen $n=3$ Teilnehmende eine Tätigkeit als Tutor*innen an der LernKlinik (IG $n=1$, KG $n=2$) und wurden deshalb ausgeschlossen. Wir stellten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich des Geschlechtes, Alters und Vorerfahrung fest. Die Mehrzahl der Studierenden in beiden Gruppen verwendete weniger als 30 Minuten auf Vor- bzw. Nachbereitung des curricularen KU-Kurses sowie auf die Vorbereitung der Lernzielkontrolle (siehe Tabelle 2).

3.2. Evaluation des Simulatortrainings durch die Studierenden

Die Studierenden der IG fanden den Peer-Tutor sehr kompetent ($M=1,13\pm SD=0,34$ auf der 6-Punkte-Likert-Skala, 1=„ich stimme völlig zu“, 6=„ich stimme überhaupt nicht zu“). Ihnen gefiel die Kursstruktur ($1,16\pm 0,37$) und, dass der Tutor ein Studierender war ($1,18\pm 0,46$). Sie berichteten, dass sie vom Feedback des Peer-Tutors profitiert hätten ($1,53\pm 0,73$) und eine größere Sicherheit bei der KU des Herzkreislaufsystems gewonnen hätten ($2,00\pm 0,62$). Fast alle Teilnehmenden fanden den Kurs für Medizinstudierende im ersten klinischen Jahr inhaltlich angemessen, wohingegen es eine Person etwas zu einfach fand. Die theoretischen Aspekte des Kurses wurden als sehr relevant für die praktischen Übungen erachtet ($1,45\pm 0,65$). Im Gegensatz dazu stimmten die Studierenden Aussagen nicht zu, dass sie die Inhalte des Kurses in ihrer bisherigen medizinischen Ausbildung bereits ausreichend beobachtet hätten ($4,63\pm 1,28$), sie ihnen gezeigt und erklärt worden seien ($4,47\pm 1,13$) oder sie sie schon selbst durchgeführt hätten ($5,47\pm 0,89$). Die Studierenden bewerteten den Kurs mit der deutschen Schulnote $1,21\pm 0,43$ (Skala von 1 bis 6, 1=„sehr gut“, 6=„ungenügend“). Die gesamte Evaluation kann online eingesehen werden [25].

3.3. Lernzielkontrolle und Gruppenvergleich

Die Studierenden der IG erbrachten signifikant bessere Leistungen als die Studierenden der KG (IG

	Punkte
Begrüßung Begrüßung und Vorstellung mit Name und Funktion	____ von 1
Inspektion Der/die Studierende inspiziert den Patienten und sucht nach: <input type="checkbox"/> Kopf/Hals: Halsvenenstauung <input type="checkbox"/> Kardiovaskulär: Ödeme <input type="checkbox"/> Pulmonal: Zeichen von Luftnot <input type="checkbox"/> Haut: Zeichen von Zyanose oder Anämie <input type="checkbox"/> Extremitäten: Trommelschlegelfinger andere: _____	____ von 3
Je 1 Punkt für jeden relevanten* möglichen Befund. Maximal 3 Punkte.	____ von 3
Pulse Der/die Studierende palpirt den Puls der A. radialis einseitig ... palpirt die Aa. radiales beidseitig ... palpirt die Aa. carotides beidseitig ... palpirt die Aa. dorsales pedis beidseitig ... palpirt die Aa. tibiales posteriores beidseitig	____ von 1 ____ von 1 ____ von 1 ____ von 1 ____ von 1
Palpation des Herzspitzenstoßes Der/die Studierende palpirt den Herzspitzenstoß im 5. Interkostalraum in der MCL	____ von 1
Kardiale Perkussion Der/die Studierende perkutiert das Herz mit "Mittelfinger-auf-Mittelfinger"-Technik und der Plessimeterfinger liegt dabei fest auf dem Körper auf	____ von 1
Auskultation Der/die Studierende benennt und auskultiert die 5 Auskultationsfelder korrekt Erb'scher Punkt: 3. Interkostalraum parasternal links Aortenklappe: 2. Interkostalraum parasternal rechts Pulmonalklappe: 2. Interkostalraum parasternal links Trikuspidalklappe: 4. Interkostalraum parasternal rechts Mitralklappe: 5. Interkostalraum Medioclavicularlinie links ... auskultiert und die Ohroliven des Stethoskopes zeigen nach vorne ... auskultiert und palpirt simultan den Puls ... auskultiert und benutzt sowohl Membran als auch Trichter des Stethoskopes ... auskultiert die linke Axilla nach fortgeleiteten Geräuschen ... auskultiert beide Aa. carotides	____ von 1 ____ von 1
Auskultationsbefund Der/die Studierende beschreibt seinen/ihren Auskultationsbefund und beurteilt dabei den Herzrhythmus ... beurteilt dabei die Herzfrequenz ... beurteilt dabei die Herztöne ... beurteilt dabei das Vorhandensein von Herzgeräuschen	____ von 1 ____ von 1 ____ von 1 ____ von 1 ____ von 1 ____ von 25

Anmerkung.

MCL = Medioclavicularlinie

* als relevant gewertet, wenn als Teil der kardiovaskulären Untersuchung entweder in Harrison's Principles of Internal Medicine 16th Edition Kapitel 209 "Physical examination of the cardiovascular system" (22) oder in "The diagnosis of heart disease by clinical assessment alone" von Chizner (23) aufgeführt.

Abbildung 2: Checkliste für die Bewertung der Untersuchung des Herzkreislaufsystems

$M=17,03 \pm SD=3,01$, KG $11,82 \pm 4,04$, $p < .0001$). Sie erhielten auch höhere Punktzahlen bei der Inspektion und der Erhebung des Pulsstatus. Bei den meisten anderen Kategorien der Checkliste sahen wir einen positiven Trend, jedoch keinen statistisch signifikanten Unterschied nach Bonferroni Korrektur (siehe Abbildung 3). In der IG wurde im Vergleich zur KG die Inspektion häufiger durchgeführt (IG 92%, KG 42%, $p < .001$). Die Studierenden der IG suchten nach mehr möglichen Inspektionsbefunden (IG $3,35 \pm 1,57$, KG $0,73 \pm 0,94$, $p < .001$). Sie palperten auch die vier Arterien häufiger bilateral (Aa. radiales, dorsales pedis, tibiales posteriores und caroti-

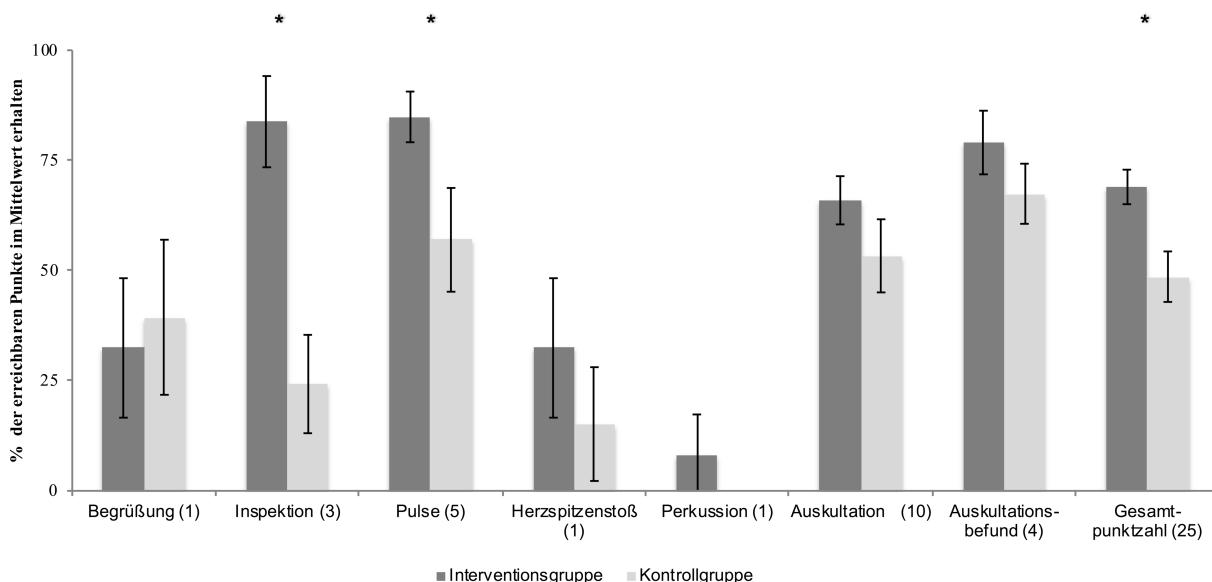
des) ($IG 3,42 \pm 0,86$, KG $1,94 \pm 1,52$, $p < .001$). In beiden Gruppen wurde nicht regelmäßig Membran und Trichter des Stethoskops verwendet (IG 24% vs. KG 12%), simultan der Puls getastet (IG 35% vs. KG 27%) oder die linke Axilla auskultiert (IG 43% vs. KG 33%). 78% der IG und 52% der KG auskultierten die Karotiden. 27% der KG führten das Stethoskop mit falscher Ausrichtung der Ohroliven in die Ohren ein, wohingegen nur ein Studierender der IG (=3%) diesen Fehler beging ($p < .005$).

Tabelle 2: Deskriptive Statistik für die Interventionsgruppe (IG) und die Kontrollgruppe (KG)

	IG (n = 37)	CG (n = 33)	p
Weiblich	65% (n = 24)	61% (n = 20)	
Alter in Jahren: Durchschnitt \pm SD (Spannweite)	23 \pm 3 (20 - 31)	23 \pm 3 (20 - 36)	
Vorerfahrung ^a	35% (n = 13)	21% (n = 7)	.290
Curricularer KU-Kurs auf Kardiologiestation	30% (n = 11)	46% (n = 15)	.219
Mindestens 4 von 5 Unterrichtseinheiten des curricularen KU-Kurses mit derselben Lehrkraft	60% (n = 22)	76% (n = 25)	.204
Mehr als 30 Minuten zur Vor- bzw. Nachbereitung des curricularen KU-Kurses ^b	19% (n = 7)	7% (n = 2)	.166
Vorbereitung auf Lernzielkontrolle länger als 30 Minuten	0% (n = 0)	6% (n = 2)	.219
Tag zwischen curricularem KU-Kurs und Lernzielkontrolle: Durchschnitt \pm SD (Bandbreite)	4,19 \pm 2,08 (0 - 11)	5,12 \pm 3,06 (0 - 14)	.229†
Tag zwischen Skills-Lab-Training und Lernzielkontrolle: Durchschnitt \pm SD (Bandbreite)	53,95 \pm 8,92 (32 - 67)	nicht anwendbar	

Hinweis: Exakter Test nach Fisher wurde verwendet, sofern nicht anders angegeben; †Mann-Whitney U Test;

^a entweder frühere Ausbildung in Gesundheitsberuf, Pflegepraktikum oder Zivildienst auf Kardiologiestation, sonstige praktische Erfahrung in kardialer KU; ^b 4 fehlende Antworten, Prozentsatz der gegebenen Antworten (IG n = 36, KG n = 30);



Anmerkung.

Maximal erreichbare Punkte in Klammern. Fehlerbalken repräsentieren 95% Konfidenzintervalle.
Signifikanzniveau nach Bonferroni Korrektur $p < .007$.

* $p < .001$.

Abbildung 3: Gruppenvergleich in allen Checklistenkategorien und der Gesamtpunktzahl

3.4. Einflüsse auf die Leistung der Studierenden

Wir testeten mögliche Störvariablen separat mittels t-Test und konnten keinen positiven Einfluss von Vorerfahrung, einer Teilnahme am curricularen KU-Kurs auf einer kardiologischen Station oder Kontinuität des Lehrpersonals (vier von fünf Einheiten mit derselben Lehrkraft) feststellen (siehe Tabelle 3). Der Einfluss der Vorbereitung seitens der Studierenden auf die Lernzielkontrolle konnte nicht adäquat untersucht werden, da sich nur zwei Studierende länger als 30 Minuten vorbereitet hatten. Ein längerer Zeitraum zwischen Simulatortraining und Lernzielkontrolle korrelierte nicht signifikant mit schlechteren Durchschnittsergebnissen ($r_s = -.08$; $p = .65$), wohingegen dies beim Zeitraum zwischen curricularem KU-Kurs und der Lernzielkontrolle der Fall war ($r_s = -.26$; $p < .03$).

Zur Korrektur von Korrelationen zwischen den Störvariablen, wurde die oben beschriebene multiple lineare Regression durchgeführt.

Die Histogramme und Streudiagramme der standardisierten Residuen zeigten annähernd normal verteilte Fehler und deckten keine Verstöße gegen allgemeine Annahmen der Regressionsanalyse auf. Zudem zeigten die Standardresiduen keine signifikanten Ausreißer ($\text{min} = -2,22$, $\text{max} = 2,47$). Multikollinearität lag nicht vor (Toleranz $> .9$ für alle Variablen; Varianzinflationsfaktor ≤ 1.1 für alle Variablen). Tabelle 3 zeigt das finale Regressionsmodell und eine signifikante R^2 Veränderung von .23 ($p < .0001$) für die Hinzunahme der Gruppenzugehörigkeit zum ersten Modell. Mit Hinblick auf mögliche Störvariablen zeigte das Regressionsmodell dieselben Ergebnisse wie die individuelle Analyse. Wiederum korrelierte die Anzahl der

Tabelle 3: Beziehung zwischen möglichen Störvariablen und Leistung in der Lernzielkontrolle

	Unabhängige Variablen	<i>b</i>	<i>SE_b</i>	β	95% KI von β		<i>t</i>	<i>p</i>
					UG	OG		
Schritt 1 (korrigiertes $R^2 = .17$; $p < .01$)								
	Vorerfahrung	1,99	1,04	0,21	-0,01	0,43	1,91	.06
	Curricularer KU-Kurs auf Kardiologiestation	-2,79	0,98	-0,31	-0,54	-0,09	-2,35	.01
	Tage zwischen curricularem KU-Kurs und Lernzielkontrolle	-0,49	0,18	-0,29	-0,52	-0,07	-2,64	.01
Schritt 2 (korrigiertes $R^2 = .40$; delta $R^2 = .23$; $p < .0001$)								
	Vorerfahrung	1,26	0,90	0,13	-0,06	0,32	1,40	.17
	Curricularer KU-Kurs auf Kardiologiestation	-1,92	0,85	-0,22	-0,41	-0,03	-2,26	.03
	Tage zwischen curricularem KU-Kurs und Lernzielkontrolle	-0,32	0,16	-0,19	-0,39	0	-2,01	< .05
	Intervention	4,32	0,84	0,50	0,31	0,70	5,14	< .0001

Hinweis. b = nicht standardisierter Regressionskoeffizient; SE_b = Standardfehler der Schätzung b ; β = standardisierter Regressionskoeffizient; KI = Konfidenzintervall; UG = untere Grenze; OG = obere Grenze, t = *t*-Test Statistik verbunden mit b und SE_b .

Tage zwischen curricularem KU-Kurs und der Lernzielkontrolle mit niedrigeren Punktzahlen ($\beta=-.19$; $p=.048$).

4. Diskussion

Auch in der modernen Medizin sind Fertigkeiten der kardialen körperlichen Untersuchung essentiell für die klinische Entscheidungsfindung. Unsere Daten bestätigten unsere Grundhypothese, dass diese Fertigkeiten durch Ergänzung der Standardausbildung um einen strukturierten, simulatorgestützten, Near-Peer geleiteten Kurs verbessert werden können. Diese Ergebnisse decken sich mit denen von Kern et al. [10]. Die Autoren zeigten, dass – an gesunden Erwachsenen geprüft – die Fertigkeiten von Medizinstudierenden in KU des Herzkreislaufsystems durch simulatorgestütztes Training verbessert werden können. In unserer Studie konnte diese Verbesserung selbst 32-67 Tage nach der Intervention beobachtet werden, was auf einen langanhaltenden Effekt hindeutet. Das Zusatztraining umfasste PAL, simulatorgestütztes Unterrichten und allgemeine Grundsätze der Lehre, wie direkte Supervision und klare Lernziele. Gelegenheiten zur praktischen Übung unter direkter Supervision mit Feedback sind wesentlich für die Entwicklung von Fertigkeiten in KU, insbesondere im Zusammenhang mit simulatorgestützter Lehre [6], [26]. Die Struktur des Simulatorkurses mit klaren Lernzielen gewährleistete, dass selbst grundlegendste Aspekte der KU des Herzkreislaufsystems, wie der Umgang mit dem Stethoskop, Teil jedes Kurses waren. Auf der anderen Seite wurde im curricularen KU Kurs dieses Wissen durch unterschiedliche Lehrkräfte möglicherweise als selbstverständlich vorausgesetzt. Im Ergebnis kam es in der Interventionsgruppe seltener zu einfachen Fehlern. Zudem könnten die Studierenden der IG mehr vom lehrplanmäßigen KU-Kurs profitiert haben als ihre Mitstudierenden, weil sie sich sicherer fühlten [27] oder der Simulator-Kurs zu einer besseren Grundlage für den Lehrplankurs führte.

Wir testeten lediglich die korrekte Durchführung der kardialen KU, weil unsere Studierenden noch im ersten kli-

nischen Jahr waren. Zu einem späteren Zeitpunkt ihrer Ausbildung sollten die Studierenden sowohl hinsichtlich der richtigen Ausführung als auch der diagnostischen Genauigkeit getestet werden, weil eine gute KU-Technik nicht automatisch zu großer diagnostischer Genauigkeit führt [28].

Die untersuchten Störvariablen scheinen im Vergleich zu unserer Intervention nur geringe Auswirkungen auf die Leistung der Studierenden zu haben. Das hebt die Rolle des strukturierten Unterrichtens im Vergleich zu diesen Einflussfaktoren hervor. Es scheint, als ob Vorerfahrung ohne strukturiertes Training kein guter Prädiktor für die klinische Untersuchungskompetenz des Herzkreislaufsystems ist.

Studierende, die den curricularen KU-Kurs auf einer kardiologischen Station besucht hatten, erreichten geringere Punktzahlen, als Studierende, die den Kurs auf einer nichtkardiologischen Inneren Station belegten ($\beta=-.22$, $p=.03$). Dieses Ergebnis beweist nicht eine qualitativ schlechtere Lehre auf unseren Kardiologiestationen, sondern deutet eher auf inhaltlich unterschiedliche Schwerpunkte aufgrund fehlender Standardisierung hin. Zudem ist zu bedenken, dass der curriculare KU-Kurs in der Inneren Medizin mehr als nur kardiale KU beinhaltet. Darüberhinaus stimmt unsere Studie mit Daten zu mangelnden KU-Fertigkeiten von Medizinstudierenden überein [29], [30]. Einerseits ist die unbefriedigende Gesamtleistung verständlich, da die Studierenden zum Zeitpunkt der Lernzielkontrolle lediglich eine Woche Training erhalten hatten. Haring et al. [31] fanden andererseits heraus, dass selbst nach curriculärer Standardausbildung und Famulatur in der Inneren Medizin, Medizinstudierende häufig unvollständige körperliche Untersuchungen vornahmen. Ein Weglassen wichtiger Teile der körperlichen Untersuchung steht in Zusammenhang mit einer großen Bandbreite von Komplikationen [32]. Das Unterrichten grundlegender KU-Fertigkeiten sollte daher ein wesentlicher Schwerpunkt der ärztlichen Ausbildung bleiben. Hinsichtlich der studentischen Evaluation des Simulatorkurses waren die Ergebnisse nicht überraschend. Das positive Feedback unterstützt die frühere Feststellung,

dass PAL von den Studierenden sehr gut aufgenommen wird [33], [34]. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass das Simulatortraining sogar noch vor dem curricularen KU-Kurs stattfand, war zudem zu erwarten, dass die Studierenden über fehlendes Training und mangelnde praktische Erfahrung bei der KU berichten.

Die wichtigste Limitation dieser Studie ist die unterschiedliche Ausbildungsdauer der beiden Gruppen. Da die Studierenden der IG 75 Minuten Zusatzausbildung erhielten, kann unsere Studie nicht aufzeigen, dass die Intervention der Standardausbildung überlegen ist. Nichtsdestotrotz war das zusätzliche Peer-geleitete, simulatorgestützte Training erfolgreich bei der Verbesserung der kardialen KU-Leistung der Studierenden. Außerdem war D.K., der die Leistung der Studierenden bewertete, ein Medizinstudent, der als Peer-Tutor in kardialer KU ausgebildet war, und kein Kardiologe. Jedoch sind Studierende erfolgreich als Prüfer in OSCEs (objective structured clinical examinations) eingesetzt worden [35]. Die Übertragbarkeit unserer Ergebnisse ist zudem durch die geringe Beobachtungszahl, die Stichprobe aus nur einer medizinischen Fakultät mit einem Lehrplan sowie durch die Tatsache, dass die Simulatortrainings von nur einem Tutor durchgeführt wurden eingeschränkt.

Ein Vorschlag für die weiterführende Untersuchung dieser Thematik ist eine dreiarmige Studie zum Vergleich dieser Intervention mit Standardlehre und Trainings mit anderen modernen Lehrmodalitäten (z. B. E-Learning-Intervention) mit jeweils gleicher Gesamtausbildungsdauer in einer einjährigen Kohorte von n=320 Studierenden und mit langfristiger Nachbeobachtung.

5. Schlussfolgerung

Die klinische Untersuchungskompetenz von Medizinstudierenden im ersten klinischen Jahr bzgl. des Herzkreislaufsystems muss verbessert werden. Die Hinzunahme eines strukturierten, Peer-geleiteten und simulatorgestützten Kurses war ein effektiver Weg zur Verbesserung dieser Fertigkeiten.

Daten

Daten für diesen Artikel sind im Dryad-Repositorium verfügbar unter: <https://doi.org/10.5061/dryad.r7sqv9s8w> [25]

Danksagung

Wir bedanken uns bei allen teilnehmenden Studierenden.

Interessenkonflikt

Die Autor*innen erklären, dass sie keinen Interessenkonflikt im Zusammenhang mit diesem Artikel haben.

Anhänge

Verfügbar unter

<https://www.egms.de/de/journals/zma/2021-38/zma001504.shtml>

1. Anhang_1.pdf (106 KB)
Fragebogen

Literatur

1. Zaman JA. The Enduring Value of the Physical Examination. *Med Clin North Am.* 2018;102(3):417-423. DOI: 10.1016/j.mcna.2017.12.003
2. Mangione S. Cardiac auscultatory skills of physicians-in-training: a comparison of three English-speaking countries. *Am J Med.* 2001;110(3):210-216. DOI: 10.1016/S0002-9343(00)00673-2
3. Vukanovic-Criley JM, Criley S, Warde CM, Boker JR, Guevara-Matheus L, Churchill WH, Nelson WP, Criley JM. Competency in cardiac examination skills in medical students, trainees, physicians, and faculty: a multicenter study. *Arch Intern Med.* 2006;166(6):610-616. DOI: 10.1001/archinte.166.6.610
4. Nielsen T, Mølgård H, Ringsted C, Eika B. The development of a new cardiac auscultation test: How do screening and diagnostic skills differ? *Med Teach.* 2010;32(1):56-61. DOI: 10.3109/01421590802572767
5. Lam MZ, Lee TJ, Boey PY, Ng WF, Hey HW, Ho KY, Cheong PY. Factors influencing cardiac auscultation proficiency in physician trainees. *Singapore Med J.* 2005;46(1):11-14.
6. Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Lee Gordon D, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach.* 2005;27(1):10-28. DOI: 10.1080/01421590500046924
7. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, Erwin PJ, Hamstra SJ. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis. *JAMA.* 2011;306(9):978-988. DOI: 10.1001/jama.2011.1234
8. Ewy GA, Felner JM, Juul D, Mayer JW, Sajid AW, Waugh RA. Test of a cardiology patient simulator with students in fourth-year electives. *J Med Educ.* 1987;62(9):738-743. DOI: 10.1097/00001888-198709000-00005
9. Gordon MS, Ewy GA, DeLeon AC, Waugh RA, Felner JM, Forker AD, Gessner ICH, Mayer JW, Patterson D. "Harvey," the cardiology patient simulator: pilot studies on teaching effectiveness. *Am J Cardiol.* 1980;45(4):791-796. DOI: 10.1016/0002-9149(80)90123-X
10. 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
11. Butter J, McGaghie WC, Cohen ER, Kaye M, Wayne DB. Simulation-based mastery learning improves cardiac auscultation skills in medical students. *J Gen Intern Med.* 2010;25(8):780-785. DOI: 10.1007/s11606-010-1309-x
12. Fraser K, Wright B, Girard L, Tworek J, Paget M, Welikovich L, McLaughlin K. Simulation training improves diagnostic performance on a real patient with similar clinical findings. *Chest.* 2011;139(2):376-381. DOI: 10.1378/chest.10-1107
13. 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

14. Parry J, Mathers J, Thomas H, Lilford R, Stevens A, Spurgeon P. More students, less capacity? An assessment of the competing demands on academic medical staff. *Med Educ.* 2008;42(12):1155-1165. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2008.03234.x
15. Topping KJ. The effectiveness of peer tutoring in further and higher education: A typology and review of the literature. *High Educ.* 1996;32(3):321-345. DOI: 10.1007/BF00138870
16. Hughes TC, Jiwaji Z, Lally K, Lloyd-Lavery A, Lota A, Dale A, Janas R, bulstrode CJ. Advanced Cardiac Resuscitation Evaluation (ACRE): a randomised single-blind controlled trial of peer-led vs. expert-led advanced resuscitation training. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2010;18:3. DOI: 10.1186/1757-7241-18-3
17. Graham K, Burke JM, Field M. Undergraduate rheumatology: can peer-assisted learning by medical students deliver equivalent training to that provided by specialist staff? *Rheumatology (Oxford).* 2008;47(5):652-655. DOI: 10.1093/rheumatology/ken048
18. Weyrich P, Celebi N, Schrauth M, Möltner A, Lammerding-Köppel M, Nikendei C. Peer-assisted versus faculty staff-led skills laboratory training: a randomised controlled trial. *Med Educ.* 2009;43(2):113-120. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2008.03252.x
19. Haist SA, Wilson JF, Fosson SE, Brigham NL. Are fourth-year medical students effective teachers of the physical examination to first-year medical students? *J Gen Intern Med.* 1997;12(3):177-181. DOI: 10.1007/s11606-006-5026-4
20. Herrmann-Werner A, Gramer R, Erschens R, Nikendei C, Wosnik A, Griewatz J, Zipfel S, Junne F. Peer-assisted learning (PAL) in undergraduate medical education: An overview. *Z Evid Fortbild Qual Gesundhwes.* 2017;121:74-81. DOI: 10.1016/j.zefq.2017.01.001
21. Takashina T, Shimizu M, Katayama H. A new cardiology patient simulator. *Cardiology.* 1997;88(5):408-413. DOI: 10.1159/000177369
22. O'Rourke R, Braunwald E. Physical examination of the cardiovascular system. In: Kasper D, Braunwald E, Hauser S, Longo D, Jameson J, Fauci A, editors. *Harrison's principles of internal medicine.* 16th ed. New York (NY), USA: McGraw-Hill; 2005. p.1304-1311.
23. Chizner MA. The diagnosis of heart disease by clinical assessment alone. *Curr Probl Cardiol.* 2001;26(5):285-379. DOI: 10.1067/mcd.2001.115501
24. Hatala R, Scalese RJ, Cole G, Bacchus M, Kassen B, Issenberg SB. Development and validation of a cardiac findings checklist for use with simulator-based assessments of cardiac physical examination competence. *Simul Healthc.* 2009;4(1):17-21. DOI: 10.1097/SIH.0b013e318183142b
25. Kronschnabl DM, Baerwald C, Rotzoll DE. Data from: Evaluating the effectiveness of a structured, simulator-assisted, peer-led training on cardiovascular physical examination in third-year medical students: a prospective, randomized, controlled trial. Dryad Digital Repository. 2021. DOI: 10.5061/dryad.r7sqv9s8w
26. McKinney J, Cook DA, Wood D, Hatala R. Simulation-based training for cardiac auscultation skills: systematic review and meta-analysis. *J Gen Intern Med.* 2013;28(2):283-291. DOI: 10.1007/s11606-012-2198-y
27. Whipple ME, Barlow CB, Smith S, Goldstein EA. Early introduction of clinical skills improves medical student comfort at the start of third-year clerkships. *Acad Med.* 2006;81(10 Suppl):S40-43.
28. Hatala R, Issenberg SB, Kassen BO, Cole G, Bacchus CM, Scalese RJ. Assessing the relationship between cardiac physical examination technique and accurate bedside diagnosis during an objective structured clinical examination (OSCE). *Acad Med.* 2007;82(10 Suppl):S26-29. DOI: 10.1097/ACM.0b013e31814002f1
29. Krautter M, Diefenbacher K, Koehl-Hackert N, Buss B, Nagelmann L, Herzog W, Jünger J, Nikendei C. Short communication: final year students' deficits in physical examination skills performance in Germany. *Z Evid Fortbild Qual Gesundhwes.* 2015;109(1):59-61. DOI: 10.1016/j.zefq.2015.01.003
30. Störmann S, Stankiewicz M, Raes P, Berchtold C, Kosanke Y, Illes G, Loose P, Angstwurm MW. How well do final year undergraduate medical students master practical clinical skills? *GMS J Med Educ.* 2016;33(4):Doc58. DOI: 10.3205/zma001057
31. Haring CM, Cools BM, van der Meer JW, Postma CT. Student performance of the general physical examination in internal medicine: an observational study. *BMC Med Educ.* 2014;14:73. DOI: 10.1186/1472-6920-14-73
32. Verghese A, Charlton B, Kassirer JP, Ramsey M, Ioannidis JP. Inadequacies of Physical Examination as a Cause of Medical Errors and Adverse Events: A Collection of Vignettes. *Am J Med.* 2015;128(12):1322-1324. DOI: 10.1016/j.amjmed.2015.06.004
33. Field M, Burke JM, McAllister D, Lloyd DM. Peer-assisted learning: a novel approach to clinical skills learning for medical students. *Med Educ.* 2007;41(4):411-418. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2007.02713.x
34. Weyrich P, Schrauth M, Kraus B, Habermehl D, Netzhammer N, Zipfel S, Jünger J, Riessen R, Nikendei C. Undergraduate technical skills training guided by student tutors—analysis of tutors' attitudes, tutees' acceptance and learning progress in an innovative teaching model. *BMC Med Educ.* 2008;8:18. DOI: 10.1186/1472-6920-8-18
35. Chenot JF, Simmenroth-Nayda A, Koch A, Fischer T, Scherer M, Emmert B, Stanske B, Kochen MM, Himmel W. Can student tutors act as examiners in an objective structured clinical examination? *Med Educ.* 2007;41(11):1032-1038. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2007.02895.x

Korrespondenzadresse:

Daisy E. Rotzoll

Universität Leipzig, Medizinische Fakultät, LernKlinik Leipzig, Liebigstr. 23-25, 04103 Leipzig, Deutschland,
Tel.: +49 (0)341/97-15171, Fax: +49 (0)341/97-15179
daisy.rotzoll@medizin.uni-leipzig.de

Bitte zitieren als

Kronschnabl DM, Baerwald C, Rotzoll DE. Evaluating the effectiveness of a structured, simulator-assisted, peer-led training on cardiovascular physical examination in third-year medical students: a prospective, randomized, controlled trial. *GMS J Med Educ.* 2021;38(6):Doc108. DOI: 10.3205/zma001504, URN: urn:nbn:de:0183-zma0015042

Artikel online frei zugänglich unter

<https://www.egms.de/en/journals/zma/2021-38/zma001504.shtml>

Eingereicht: 25.06.2020**Überarbeitet:** 31.03.2021**Angenommen:** 25.06.2021**Veröffentlicht:** 15.09.2021**Copyright**

©2021 Kronschnabl 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/>.