

Virtual auscultation course via video chat in times of COVID-19 improves cardiac auscultation skills compared to literature self-study in third-year medical students: a prospective randomized controlled cross-over study

Abstract

Background: Cardiac auscultation is a core clinical skill taught in medical school. Due to contact restrictions during the SARS-CoV-2 pandemic, interaction with patients was very limited. Therefore, a peer-to-peer virtual case-based auscultation course via video conference was established.

Methods: A randomized controlled cross-over study was conducted to evaluate whether participation in a virtual auscultation course could improve heart auscultation skills in 3rd-year medical students. A total of sixty medical students were randomly assigned to either the experimental or control group after informed consent was obtained. Due to no-shows, 55 students participated. Depending on allocation, students attended three ninety-minute courses in intervals of one week in a different order: a virtual case-based auscultation course held via video chat, literature self-study, and an on-site course using a high-fidelity auscultation simulator (SAM II). The study's primary endpoint was the performance of the two groups at the simulator after participating in the virtual auscultation course or literature self-study. To evaluate their auscultation skills, students participated in five assessments using the same six pathologies: stenosis and regurgitation of the aortic and mitral valve, ventricular septal defect, and patent ductus arteriosus. Moreover, participants rated their satisfaction with each course and provided a self-assessment of competence.

Results: Compared to literature self-study, participation in the virtual auscultation course led to a significantly improved description of heart murmurs at the auscultation simulator with regard to the presence in systole and diastole, low- and high-pitched sounds, and volume dynamics. There was no significant difference between the groups in diagnostic accuracy and identification of the point of maximal intensity. After the virtual course, students showed higher satisfaction rates and a higher increase in self-assessed competence compared to participants who engaged in literature self-study.

Conclusions: For the first time, this study demonstrates that a case-based virtual auscultation course can improve aspects of cardiac auscultation skills on a simulator. This may facilitate the further acquisition of an essential clinical skill, even when contact restrictions will be lifted.

Keywords: virtual auscultation, video chat, literature self-study, distance-based learning, patient simulator, heart auscultation, COVID-19, skills lab, peer teaching

Nils Rüllmann^{1,2}

Raphael Hirtz³

Unaa Lee²

Kathrin Klein⁴

Ertan Mayatepek²

Bastian Malzkorn¹

Carsten Döing^{1,2}

1 Heinrich-Heine-University
Düsseldorf, Medical Faculty,
Office of the dean of studies,
Düsseldorf, Germany

2 University Children's Hospital
Düsseldorf, Department of
General Pediatrics,
Neonatology and Pediatric
Cardiology, Düsseldorf,
Germany

3 University of Duisburg-Essen,
Department of Pediatrics II,
Division of Pediatric
Endocrinology and
Diabetology, Essen, Germany

4 University Hospital
Düsseldorf, Division of
Cardiology, Pneumology and
Angiology, Düsseldorf,
Germany

1. Background

Cardiac auscultation using a stethoscope allows immediate identification of important cardiac pathologies. It is easily accessible and part of most physical examinations enabling skilled examiners to make an accurate diagnosis [1] or to initiate further diagnostics.

Auscultation is an essential examination technique. However, it requires the development of complex auditory skills. In medical education, these skills are taught through lectures, examination courses, and bedside teaching. Bedside teaching allows medical students to learn in a realistic environment, place heard heart sounds in context with other physical findings and recognize typical patterns of sound radiation across the thorax. However, infrequent exposure to rare findings as well as a high ratio of learners to patients pose challenges [2]. Moreover, the variability of clinical presentations prevents standardized teaching [3], and patients (e.g., young children) may not be amenable to or available for examination, most recently due to contact restrictions during the SARS-CoV-2 pandemic.

In the past, many studies have shown poor auscultation skills of medical students [4], residents, as well as practicing physicians [4], [5], [6], [7], [8], illustrating the need for better training methods. Although a core clinical skill, clinical practice does not necessarily improve cardiac auscultation skills [9], [10], [11].

Addressing a generation of digital natives, the use of simulation technology and e-learning for skills training and assessment in medical education has progressively increased over the last two decades: Multiple simulation methods to train cardiac auscultation, summarized in a review of Ward and Wattier [12] and a meta-analysis by McKinney, Cook [13], allow for improving the transfer of cardiac auscultation skills to clinical settings [14]. Virtual teaching programs range from sound simulation [15], [16], [17] to virtual patient examinations [18] and pediatric e-learning courses on cardiology basics [19]. Auscultation training on on-site simulators (e.g., Student Auscultation Manikin=SAM II) and simulated patients in skills labs provide another opportunity to learn and improve auscultation skills of normal and pathological findings [2], [12], [14], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26].

During the ongoing contact restrictions due to the SARS-CoV-2 pandemic, courses at the on-site skills lab with an auscultation manikin were suspended, and interaction with real patients in the context of bedside teaching was compromised [27]. Similar obstacles were described during the outbreak of SARS-CoV-1 [28]. The urgent need for alternative training methods turned out to be an opportunity to further catalyze the modernization of medical education [29] at our faculty during the summer term of 2020: A virtual auscultation course (VAC) via video conference was designed by a student with extensive experience in peer-teaching and supervised by specialist cardiologists [27].

According to results from previous studies [14], [20], [21], [22], [23], the following hypotheses (H) were derived re-

garding the effect of a VAC on the auscultation skills of medical students: Participation in the VAC allows for better description (H_1), higher diagnostic accuracy (H_2), and more reliable identification of the point of maximal intensity (H_3) of heart murmurs when compared to literature self-study, immediately after the course (H_{1A} , H_{2A}) and at follow-up at the simulator (H_{1B} , H_{2B} , H_3). The participant's performance at the simulator was the study's primary endpoint (H_{1B} , H_{2B} , H_3).

To allow participants to benefit from all teaching methods, a cross-over design was chosen. It was hypothesized, that this approach results in comparable cardiac auscultation skills in participants by the end of the study, irrespective of the randomization order (H_4) [30], [31].

Following previous evaluation results [27], it was expected that attendance of the virtual auscultation course leads to increased satisfaction (H_5) and a higher increase in self-assessed competence (H_6) when compared to literature self-study.

2. Methods

2.1. Study design

A prospective, randomized, controlled cross-over study was carried out at the Medical Faculty of the Heinrich-Heine-University of Duesseldorf, Germany. The study was designed to compare cardiac auscultation skills after participating in a one-time ninety-minute, virtual case-based auscultation course with participation in time-equivalent literature self-study.

As shown in figure 1, three course formats were offered during this study in a different order: a virtual auscultation course (VAC), literature self-study (SST) during a video conference, both held via Microsoft Teams (MS Teams; <https://www.microsoft.com/de-de>), and an on-site course using a student auscultation manikin (SAM). Courses took place one week apart in groups of 5 (SAM) to 10 participants (VAC & SST).

Auscultation performance was assessed on five occasions (T1-T5) using the same six pathologies found in adult and pediatric patients: stenosis and regurgitation of the aortic and mitral valve, ventricular septal defect, and patent ductus arteriosus. The primary endpoint of the study was the performance at an auscultation simulator seven days after participating in one of two different interventions. Group A (exposed) participated in a virtual auscultation course (VAC), Group B (Control group) in literature self-study. Assessments T1, T2, T4, T5 were conducted before and after the VAC and SST to monitor any direct effect on the auscultation performance.

Participant's satisfaction and self-rated competence were assessed using evaluation forms completed after every course (EV1-EV3).

Approval for the study was obtained from the Ethics Committee of the Medical Faculty, Heinrich Heine University, Germany, (Nr. 2021-1298). The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki.

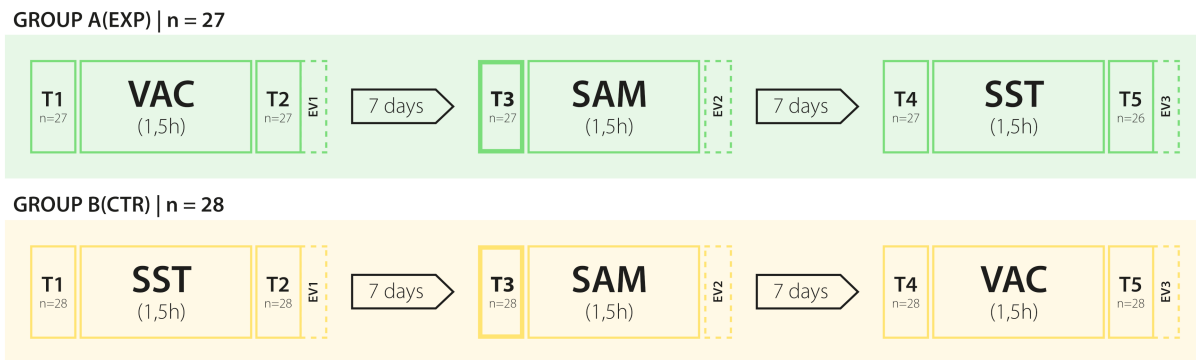


Figure 1: Study design: a prospective controlled cross-over design including three interventions (VAC: virtual auscultation course, SAM: student auscultation manikin, SST: literature self-study), five assessments (T1-T5) and evaluations (EV) of student's satisfaction and increase in self-assessed competence after every intervention (EV1-EV3) one week apart. Order of exposed group in green, order of control group in yellow. The participant's performance at T3 is defined as the primary endpoint.

2.2. Randomization

Sixty third-year medical students were recruited on a voluntary basis and provided informed consent to participate. Successful attendance was rewarded with 10€. The randomization process is shown in figure 2. During the first two years of the curriculum, students at the Medical Faculty of the Heinrich Heine University participate in a preparatory course for internships, learning cardiac auscultation of the healthy heart. Pathological findings are covered during cardiology lectures in the fourth year of their studies.

2.3. Interventions

Students participated in three courses (VAC, SST, SAM) of equal length (90 min) in two different orders, depending on randomization. To avoid bias, all courses were held by the same tutor.

2.3.1. Virtual auscultation course (VAC)

The interactive online seminar was designed to improve listening technique, description, and interpretation of auscultation findings in an off-site context [27]. This case-based course was held by an experienced medical student as peer-teaching has proven its benefit for both teachers and learners [30], [32]. Clinical cases with synthesized auscultation sounds were presented adapted to the model of case-based learning [33], [34]. Adult and pediatric cases were discussed.

With kind permission, synthesized heart sounds, provided by the online learning program Clinisurf [<https://clinisurf.elearning.aum.iml.unibe.ch/>] developed at the University of Bern, Switzerland, were used.

2.3.2. Literature self-study (SST)

The control intervention consisted of studying excerpts from two German textbooks teaching cardiac auscultation: "Füßel: Anamnesis and Clinical Examination" ([35], p.184, 196, 197-207) as the reference of the medical faculty's internship preparatory course and "Erdmann: Clinical

Cardiology" ([36], p.375-377, 381-383, 397-415) as a reference textbook for cardiology lectures. These excerpts were made available as eBook chapters at the beginning of a supervised, 90 minutes video conference. The description of heart murmurs, including phonocardiographic visualizations, and the presented clinical knowledge corresponded to that of the VAC.

So far, there is no evidence on the efficacy of literature study on cardiac auscultation. It was chosen as control intervention because it represents a standard method for medical students to prepare for the clinical environment. Self-study is thus a relevant comparator even if teaching auscultation via literature alone is uncommon and the effectiveness of self-study has not been evaluated previously.

2.3.3. Auscultation simulator (SAM)

In the skills lab, participants auscultated the simulator Cardionics Student Auscultation Manikin II (SAM, Cardionics, Webster, Texas, USA) which presented the same six heart murmurs. Auscultation performance was assessed (T3). After the assessment, different heart murmurs were presented, and associated cardiac pathologies and their clinical background were discussed with the tutor.

2.4. Assessment

The order of the cardiac pathologies was randomized using the Research Randomizer [<https://www.randomizer.org/>]. To avoid confounding, the order of pathologies was identical following the study's cross-over design: Before VAC, SST and SAM and after VAC and SST, the same order was used for both groups.

Directly before and after VAC and SST (T1, T2, T4, T5), students listened to auscultation sounds using their own headphones, lasting 15 minutes. They were asked to describe the sound characteristics (e.g., systolic/diastolic murmur, low-/high-pitched sound, volume dynamics) and make a diagnosis of each auscultation finding. The presented auscultation files were those used in the VAC

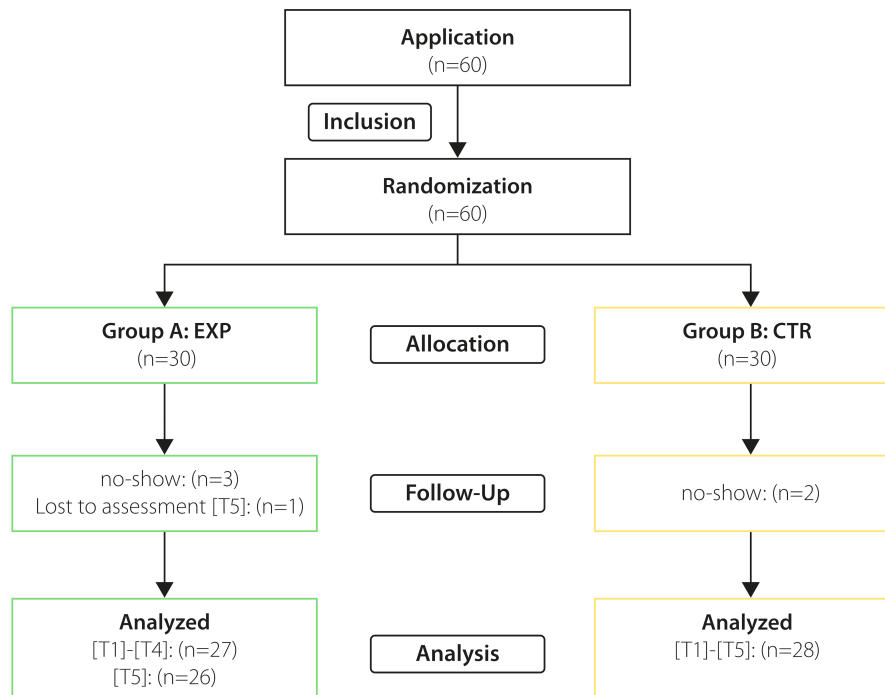


Figure 2: Randomization: N = 60 medical students were recruited and randomly assigned to two equally sized groups using random numbers generated by the Research Randomizer [https://www.randomizer.org]. Group A (EXP) = exposed group, B (CTR) = control group. Due to no-shows, the study started with n=55 participants (A: n=27; B: n=28); one participant of group A was lost to follow-up. Inclusion criteria: Age > 18 years, third year medical students at Heinrich Heine University Düsseldorf, internet access, declaration of consent to participate in the study. Exclusion criteria: Withdrawal of consent.

and were the same for the assessments T1, T2, T4, T5. The participants did not receive feedback.

At the simulator, participants used their own stethoscopes to auscultate the same murmurs studied during the VAC and SST. In addition to a description of sound characteristics and a diagnosis regarding the presented pathologies at T1, T2, T4, T5, participants were also asked to indicate a point of maximal intensity for each heart murmur. The synthesized auscultation sounds were provided by Cardionics, the manufacturer of the auscultation manikin SAM II.

2.5. Data collection & processing

For the performance categories “sound description” (DESC), “diagnosis” (DIAG), and, at the simulator, “point of maximal intensity” (PM), participants provided their answers via questionnaires in an open text format. The assessments were performed with the Medical Faculty's online evaluation form and anonymized by source. For online courses (VAC & SST), the questionnaires (T1, T2, T4, T5) were accessible via internet. Time stamps ensured the participant's compliance with the 90 minutes time frame directly before or after the courses. For the on-site course (SAM, T3), printed questionnaires were completed manually and digitalized later.

Answers on each item were compared to a list of accepted answers and assessed by two raters. In cases of disagreement, the final score was assigned by a third rater, a cardiologist. A correct answer was awarded one point. For the evaluation of results scores were separately

summed for each of the assessed performance categories (DIAG, DESC, PM). The maximum score in each category was six points.

Additional evaluation forms (EV1-EV3) using six-point Likert scales (best score=1) were employed after every course to measure satisfaction and self-assessed increase in competence.

2.6. Statistics

Data handling and statistical analyses were performed with SPSS 27 (Armonk, NY: IBM Corp.). H_{1-6} were assessed by two-tailed testing and results deemed significant at $p < .05$. Considering that H_4 coincides with the (statistical) H_0 (i.e., no performance difference at T5 between groups regarding different intervention sequences), H_4 was assessed at an adjusted α -level of $p < .20$. This approach allows for increasing the chance to reject H_0 , as recommended when testing for equivalence [37]. All other analyses were deemed exploratory and therefore, not corrected for multiple comparisons.

Effect size was interpreted according to Cohen [38] (d : small $0.20 \leq d < 0.49$, medium $0.50 \leq d < 0.79$, large ≥ 0.8). Power analyses were performed with GPower 3.1 [39] (assuming: $\alpha = .05$, two-tailed testing, sufficient power = $1 - \beta \geq 0.8$).

Sum scores regarding diagnosis and sound description at T1-T5 as well as identification of the point of maximal intensity at T3 were non-normally distributed and contained outliers as identified by Shapiro-Wilk tests, visual inspection of Q-Q plots, and boxplots. This also applied

Table 1: Cardiac auscultation performance (T1-T5): Sum scores of sound description (DESC) and diagnosis (DIAG) at T1-T5 as well as identification of the point of maximal intensity (PM) at T3 (maximum score=6). Performance of Mann-Whitney U tests comparing the experimental (A) and control group (B). Power (d) only sufficient for detecting a large effect size (power (1-β): $d \geq 0.8 = 0.81$).

		A(EXP)		B(CTR)		Mann-Whitney U test			
		n	median	n	median	U	z	p	d
T1	DESC	27	0	28	0	377.5	-0.01	.99	-
	DIAG		0		0.5	373	-0.09	.93	-
T2	DESC	27	4	28	1	62	-5.28	<.001	2.06
	DIAG		4		1	62.5	-5.38	<.001	2.05
T3 (Primary endpoint)	DESC	27	3	28	0	62	-5.48	<.001	2.06
	DIAG		1		1	347.5	-0.53	.60	-
	PM		3		3	342.5	-0.62	.54	-
T4	DESC	27	4	28	2	62	-3.97	<.001	1.24
	DIAG		3		1	211	-2.86	.004	0.82
T5	DESC	26	4	28	4	377.5	-0.04	.97	-
	DIAG		4		3	319	-1.01	.31	-

to the items evaluating course satisfaction and self-assessed competence (H_5 , H_6). When also considering the design of the study that did not allow for a repeated measure approach, Mann-Whitney U tests were performed to compare the experimental and control group concerning all outcome measures.

3. Results

3.1. Cardiac auscultation skills

There was a significant difference in description performance (DESC; e.g. systolic/diastolic murmur, low-/high-pitched sound, volume dynamics) between the experimental (N=27) and control group (N=28) immediately after the first course (T2: $Median_{exp}=4$, $Median_{control}=1$; $p<.001$, $d=2.06$), at the simulator (T3: $Median_{exp}=3$, $Median_{control}=0$; $p<.001$, $d=2.06$), and before the third course (T4: $Median_{exp}=4$, $Median_{control}=2$; $p<.001$, $d=1.24$), which was not present at the first assessment (T1: $Median_{exp}=0$, $Median_{control}=0$; $p=.99$; H_{1A-B} proved), (see figure 3 and table 1).

In terms of diagnostic accuracy (DIAG), no significant difference was found between groups at the first assessment (T1: $Median_{exp}=0$, $Median_{control}=0.5$; $p=.93$) and at the simulator (T3: $Median_{exp}=1$, $Median_{control}=1$; $p=.60$; H_{2B} disproved). However, immediately after the first course and before the third course, there was a significant difference (T2: $Median_{exp}=4$, $Median_{control}=1$; $p<.001$, $d=2.05$; T4: $Median_{exp}=3$, $Median_{control}=1$, $p=.004$, $d=0.82$; H_{2A} proved) between interventions.

Participation in the VAC did not allow for better identification of the point of maximal intensity of heart murmurs

(PM) at the simulator (T3: $Median_{exp}=3$, $Median_{control}=3$; $p=.54$; H_3 disproved).

Note, however, that in all sum score-related analyses, power was only sufficient for detecting a large effect size (power (1-β): $d \geq 0.8 = 0.81$).

3.1.1. Evaluation of the cross-over design (H_4)

At the final assessment (T5), no difference between the experimental (N=26) and control group (N=28) concerning DIAG and DESC was found (DESC: $Median_{exp}=4$, $Median_{control}=4$; $p=.97$; DIAG: $Median_{exp}=4$, $Median_{control}=3$; $p=.31$; H_4 proved).

3.2. Course satisfaction and self-assessed competence

Participants of the VAC reported a significantly higher satisfaction compared to the literature self-study group (see figure 4 and table 2). This was found in group A (EXP) after the first course (EV1: $Median_{exp}=1$, $Median_{control}=4$; $p<.001$, $d=2.70$) and in group B (CTR) after the third course (EV3: $Median_{exp}=4$, $Median_{control}=2$; $p<.001$, $d=1.92$; H_5 proved).

Participation in the VAC resulted in significantly higher increase in self-assessed competence than participation in literature self-study. Group A (EXP) reported a higher increase after the first course (EV1: $Median_{exp}=1$, $Median_{control}=4$; $p<.001$, $d=2.46$), just like group B (CTR) after the third course (EV3: $Median_{exp}=4$, $Median_{control}=2$; $p<.001$, $d=1.31$; H_6 proved).

At the auscultation simulator, both groups showed comparably high levels of satisfaction (EV2: $Median_{exp}=1$,

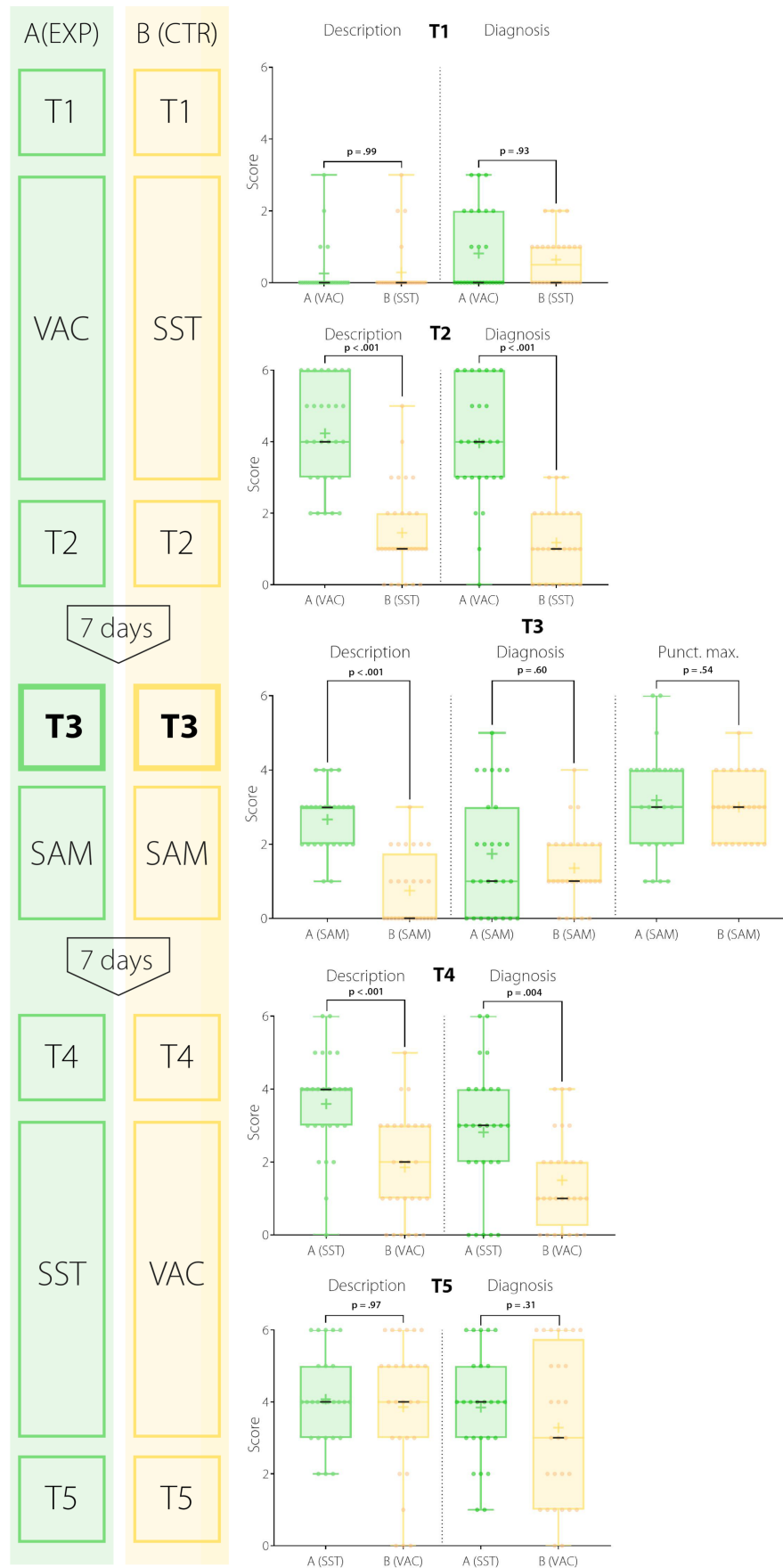


Figure 3: Cardiac auscultation performance: Sums scores of diagnostic accuracy, sound description at T1-T5 as well as identification of point of maximal intensity at T3 shown in bee-swarm boxplots (maximum score=6). Results of exposed group in green, results of control group in yellow. (+)=mean; (-)=median. Primary endpoint at T3.

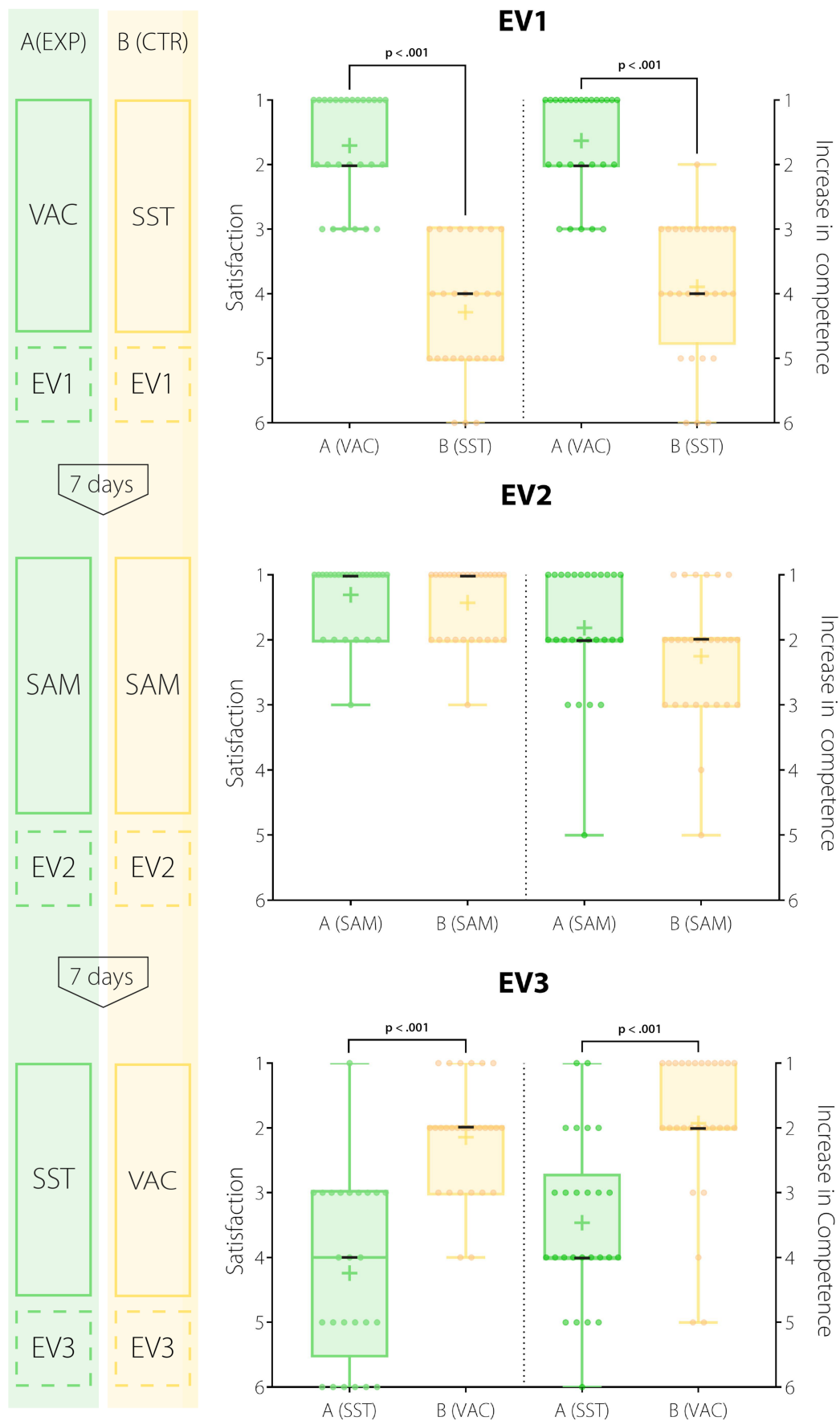


Figure 4: Evaluation results: Six-point Likert scale-based evaluation (best score=1) of participant's satisfaction and self-assessed increase in competence after course participation in bee-swarm boxplots. Results of exposed group in green, results of control group in yellow. (+)=mean; (-)=median. No testing at EV2.

Table 2: Course satisfaction and self-assessed competence: Six-point Likert scale-based evaluation (best score=1) of participant's satisfaction and self-assessed increase in competence after course participation. Performance of Mann-Whitney U tests comparing the experimental (A) and control group (B) at EV1 and EV3. Power (d) only sufficient for detecting a large effect size (power (1-β): $d \geq 0.8 = 0.81$). No testing at EV2.

		A(EXP)		B(CTR)		Mann-Whitney U test			
		n	median	n	median	U	z	p	d
EV1	Satisfaction	27	1	28	4	732	-6.09	<.001	2.70
	Competence		1		4	720	-5.92	<.001	2.46
EV2	Satisfaction	27	1	28	1	-	-	-	-
	Competence		2		2	-	-	-	-
EV3	Satisfaction	26	4	28	2	73	-5.05	<.001	1.92
	Competence		4		2	136.5	-4.04	<.001	1.31

$Median_{control}=1$) and indicated a high self-assessed increase in competence (EV2: $Median_{exp}=2$, $Median_{control}=2$).

4. Discussion

The present study demonstrates for the first time that a case-based virtual auscultation course via video conference may significantly improve the description of cardiac auscultation findings on a simulator compared to literature self-study.

4.1. Impact on study participants

Medical students participating in the VAC evidenced a distinct increase in the ability to describe sound characteristics of heart murmurs at the simulator. No significant difference in diagnostic accuracy was found. A similar effect was seen in a study by Giovanni et al. [24] comparing student's auscultation performance on patients six weeks after listening to auscultation files or training at an auscultation simulator. After training with a simulator, students showed better performance in heart sound interpretation without higher diagnostic accuracy. Establishing an auscultation-based diagnosis is presumably linked to declarative, that is, explicit knowledge (e.g., "Aortic stenosis is a systolic murmur"). In contrast, the description of heart murmurs can be considered an implicit skill depending on procedural knowledge [40]. Unlike declarative knowledge, procedural knowledge is exercised in tasks. The results of the present study suggest that participation in the VAC results in superior retention of procedural than declarative knowledge. Importantly, in many instances, procedural knowledge may constitute the more important type of knowledge. As outlined by Kumar and Thompson [11] physicians do not necessarily require high diagnostic accuracy to identify a variety of different murmurs but should be able to distinguish physiological from pathological findings to initiate further diagnostics and cardiologist referral, if necessary.

In line with these considerations, a reliable acquisition and retention of procedural knowledge over a period of one week, as observed in the present study, has previously been reported by a study by H'Mida, Degrenne [41] comparing video and static images to teach a motor skill. However, the observation that participation in the VAC resulted in the improved description of heart murmurs but not higher diagnostic accuracy may also be related to effects of guessing. There was a high variability in making the correct diagnosis at the simulator, mainly driven by some participants that made the right diagnosis without a correct description of the causal pathology. Participation in the VAC did not significantly improve identification of typical patterns of sound radiation across thorax (PM). One possible explanation might be that the VAC did not allow to virtually auscultate all auscultation points on the thorax in each presented case, so participants had no opportunity to elaborate on the patterns of sound radiation individually.

4.2. Implications for cardiac auscultation training

In this study, the VAC and training on a simulator led to high rates of satisfaction and a notable increase in self-assessed competence in third year medical students. This might lead to a greater benefit from further auscultation training (e.g. bedside teaching) during the participant's ongoing medical studies as previously suggested by Bernardi et al. [20], demonstrating the importance of early training of essential examination skills. Multiple studies have shown positive effects of simulation-based auscultation training, ranging from sound simulation [15], [16], [17] to high-fidelity simulators [20], [21]. Simulators like Harvey or SAM provide standardized training featuring many aspects of real patients, but they come at a high price and rationed practice time [24]. During contact restrictions access is further limited. Considering these limitations, video conference-based auscultation courses may be a valuable addition to the

already existing repertoire of auscultation training methods. Participation in training offered face-to-face or by video conferences can lead to similar levels of knowledge and confidence in healthcare professionals [42]. This is confirmed by the results of the present study regarding cardiac auscultation skills in medical students.

Consequently, further research is needed to examine skill transfer from a virtual auscultation course to patients in a bedside scenario, possibly through the comparison of a virtual course with an auscultation simulator. The integration of bedside recorded heart sounds at multiple positions across the patient's thorax could improve the identification of typical patterns of sound radiation.

Once established, virtual auscultation courses are easily accessible and transferable to other faculties, upscaling the number of courses does not require additional equipment and they are not affected by contact restrictions. The presented course design employed peer teaching and may therefore be more resource-efficient than formats relying on post-graduate teaching staff. Moreover, they allow for training auscultation even in remote areas with limited access to alternative training possibilities.

4.3. Limitations

Due to contact restrictions, the transfer of auscultation skills to patients in clinical practice has not been investigated in this study. However, good performance on an auscultation simulator correlated with good performance in real patients as shown by Fraser et al. [43] with regard to mitral regurgitation. Moreover, after training auscultation with virtual patients, auscultation performance on patients was equal to a control group participating in additional bedside teaching [17].

Long-time retention of auscultation skills was not assessed in this study. However, former studies have shown good long-term retention up to three years after training on an auscultation simulator [20], [21]. The sounds presented during and immediately after the VAC at the assessment T2 were the same. This might explain the superior performance of students participating in the VAC compared to SST simply by recognition of the previously presented heart sounds. In contrast, at T3 even though the same six pathologies were presented, the sound files were not identical with those at T2.

Moreover, even though also the VAC was supervised, the participant's screens could not be monitored for data protection reasons. Thus, it cannot be ensured that participants worked with the literature provided or followed the virtual course the entire time.

The present study was sufficiently powered for valid conclusions, but more subtle effects of the VAC on auscultation performance with a moderate or small effect size may not have been detected.

5. Conclusion

This study demonstrates for the first time that training medical students with a virtual auscultation course via video conference may significantly improve their heart auscultation skills after one week on a simulator when compared to literature self-study. The digital teaching format was rated as good by the participants and led to a self-assessed increase in competence and satisfaction. Thus, even after contact restrictions are lifted, an interactive online course may provide additional benefit and support acquiring fundamental skills in heart auscultation.

Note

Bastian Malzkorn and Carsten Döing shared senior authorship.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

References

1. Chizner MA. Cardiac auscultation: rediscovering the lost art. *Curr Probl Cardiol.* 2008;33(7):326-408. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2008.03.003
2. 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
3. Holmboe ES. Faculty and the Observation of Trainees' Clinical Skills: Problems and Opportunities. *Acad Med.* 2004;79(1):16-22. DOI: 10.1097/00001888-200401000-00006
4. 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
5. 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
6. Mangione S, Nieman LZ. Cardiac auscultatory skills of internal medicine and family practice trainees. A comparison of diagnostic proficiency. *JAMA.* 1997;278(9):717-722. DOI: 10.1001/jama.1997.03550090041030
7. Dhuper S, Vashist S, Shah N, Sokal M. Improvement of cardiac auscultation skills in pediatric residents with training. *Clin Pediatr (Phila).* 2007;46(3):236-240. DOI: 10.1177/0009922806290028
8. Roy D, Sargeant J, Grey J, Hoyt B, Allen M, Fleming M. Helping family physicians improve their cardiac auscultation skills with an interactive CD-ROM. *J Contin Educ Health Prof.* 2002;22(3):152-159. DOI: 10.1002/chp.1340220304
9. Gaskin PR, Owens SE, Talner NS, Sanders SP, Li JS. Clinical auscultation skills in pediatric residents. *Pediatrics.* 2000;105(6):1184-1187. DOI: 10.1542/peds.105.6.1184

10. Mahnke CB, Nowalk A, Hofkosh D, Zuberbuhler JR, Law YM. Comparison of two educational interventions on pediatric resident auscultation skills. *Pediatrics*. 2004;113(5):1331-1335. DOI: 10.1542/peds.113.5.1331
11. Kumar K, Thompson WR. Evaluation of cardiac auscultation skills in pediatric residents. *Clin Pediatr (Phila)*. 2013;52(1):66-73. DOI: 10.1177/0009922812466584
12. Ward JJ, Wattier BA. Technology for Enhancing Chest Auscultation in Clinical Simulation. *Respiratory Care*. 2011;56(6):834-845. DOI: 10.4187/respcare.01072
13. 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
14. Butter J, Cook DA, Wood D, Hatala R. 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
15. Tokuda Y, Matayoshi T, Nakama Y, Kurihara M, Suzuki T, Kitahara Y, Kitai Y, Nakamura T, Itokazu D, Miyazato T. Cardiac auscultation skills among junior doctors: effects of sound simulation lesson. *Int J Med Educ*. 2020;11:107-110. DOI: 10.5116/ijme.5eb6.70c6
16. Barrett MJ, Kuzma MA, Seto TC, Richards P, Mason D, Barrett DM, Gracely EJ. The power of repetition in mastering cardiac auscultation. *Am J Med*. 2006;119(1):73-75. DOI: 10.1016/j.amjmed.2004.12.036
17. Sverdrup Ø, Jensen T, Solheim S, Gjesdal K. Training auscultatory skills: computer simulated heart sounds or additional bedside training? A randomized trial on third-year medical students. *BMC Med Educ*. 2010;10:3. DOI: 10.1186/1472-6920-10-3
18. Vukanovic-Criley JM, Boker JR, Creley SR, Rajagopalan S, Criley JM. Using virtual patients to improve cardiac examination competency in medical students. *Clin Cardiol*. 2008;31(7):334-339. DOI: 10.1002/clc.20213
19. Oliveira AC, Mattos S, Coimbra M. Development and Assessment of an E-learning Course on Pediatric Cardiology Basics. *JMIR Med Educ*. 2017;3(1):e10. DOI: 10.2196/mededu.5434
20. 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
21. 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
22. 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. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2016;2016:3019-3022. DOI: 10.1109/EMBC.2016.7591365
23. Pereira D, Amelia-Ferreira M, Cruz-Correia R, Coimbra M. Teaching Cardiopulmonary Auscultation to Medical Students using a Virtual Patient Simulation Technology. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2020;2020:6032-6035. DOI: 10.1109/EMBC44109.2020.9175920
24. de Giovanni D, Roberts T, Norman G. Relative effectiveness of high- versus low-fidelity simulation in learning heart sounds. *Med Educ*. 2009;43(7):661-668. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03398.x
25. Quinn A, Kaminsky J, Adler A, Eisner S, Ovitsh R. Cardiac Auscultation Lab Using a Heart Sounds Auscultation Simulation Manikin. *MedEdPORTAL*. 2019;15:10839. DOI: 10.15766/mep_2374-8265.10839
26. Friederichs H, Weissenstein A, Ligges S, Möller D, Becker JC, Marshall B. Combining simulated patients and simulators: pilot study of hybrid simulation in teaching cardiac auscultation. *Adv Physiol Educ*. 2014;38(4):343-347. DOI: 10.1152/advan.00039.2013
27. Rüllmann N, Lee U, Klein K, Malzkorn B, Mayatepek E, Schneider M, Döing C. Virtual auscultation course for medical students via video chat in times of COVID-19. *GMS J Med Educ*. 2020;37(7):Doc102. DOI: 10.3205/zma001395
28. Lam CS, Cheong PY, Ong BK, Ho KY. Teaching cardiac auscultation without patient contact. *Med Educ*. 2004;38(11):1184-1185. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2004.01989.x
29. Chen CH, Mullen AJ. COVID-19 Can Catalyze the Modernization of Medical Education. *JMIR Med Educ*. 2020;6(1):e19725. DOI: 10.2196/19725
30. Widyahening IS, Findyartini A, Ranakusuma RW, Dewiasty E, Harimurti K. Evaluation of the role of near-peer teaching in critical appraisal skills learning: a randomized crossover trial. *Int J Med Educ*. 2019;10:9-15. DOI: 10.5116/ijme.5c39.b55b
31. Kam J, Khadra S, Tran QH, Ainsworth H, Louie-Johnsun M, Winter M. Portable Video Media Versus Standard Verbal Communication in Surgical Teaching: A Prospective, Multicenter, and Randomized Controlled Crossover Trial. *J Surg Educ*. 2019;76(2):440-445. DOI: 10.1016/j.jsurg.2018.08.013
32. Benè KL, Bergus G. When learners become teachers: a review of peer teaching in medical student education. *Fam Med*. 2014;46(10):783-787.
33. Williams B. Case based learning—a review of the literature: is there scope for this educational paradigm in prehospital education? *Emerg Med J*. 2005;22(8):577-581. DOI: 10.1136/emj.2004.022707
34. Turk B, Ertl S, Wong G, Wadowski PP, Löffler-Stastka H. Does case-based blended-learning expedite the transfer of declarative knowledge to procedural knowledge in practice? *BMC Med Educ*. 2019;19(1):447. DOI: 10.1186/s12909-019-1884-4
35. Fießl HS, Middeke M. *Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung*. 4th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2014. DOI: 10.1055/b-0034-100129
36. Erdmann E. *Klinische Kardiologie*. 7th ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2009. DOI: 10.1007/978-3-540-79011-2
37. Bortz J, Christof S. *Statistics: For Human and Social Scientists*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2010.
38. Cohen J. *Statistical power analysis*. London: Taylor & Francis Ltd; 1988.
39. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical power analyses using G*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods*. 2009;41(4):1149-1160. DOI: 10.3758/BRM.41.4.1149
40. Barrett MJ, Lacey CS, Sekara AE, Linden EA, Gracely EJ. Mastering cardiac murmurs: the power of repetition. *Chest*. 2004;126(2):470-475. DOI: 10.1378/chest.126.2.470
41. H'Mida C, Degrenne O, Souissi N, Rekik G, Trabelsi K, Jarraya M, Bragazzi NL, Khacharem A. Learning a Motor Skill from Video and Static Pictures in Physical Education Students-Effects on Technical Performances, Motivation and Cognitive Load. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(23):9067. DOI: 10.3390/ijerph17239067
42. Martin P, Kumar S, Abernathy L, Browne M. Good, bad or indifferent: a longitudinal multi-methods study comparing four modes of training for healthcare professionals in one Australian state. *BMJ Open*. 2018;8(8):e021264. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-021264

43. 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

Corresponding author:

Carsten Döing
University Children's Hospital Düsseldorf, Department of
General Pediatrics, Neonatology and Pediatric Cardiology,
Moorenstr. 5, 40225 Düsseldorf, Germany
Carsten.Doeing@med.uni-duesseldorf.de

Please cite as

Rüllmann N, Hirtz R, Lee U, Klein K, Mayatepek E, Malzkorn B, Döing C. Virtual auscultation course via video chat in times of COVID-19 improves cardiac auscultation skills compared to literature self-study in third-year medical students: a prospective randomized controlled cross-over study. *GMS J Med Educ*. 2022;39(2):Doc21.
DOI: 10.3205/zma001542, URN: urn:nbn:de:0183-zma0015426

This article is freely available from

<https://doi.org/10.3205/zma001542>

Received: 2021-06-03

Revised: 2021-10-16

Accepted: 2022-01-24

Published: 2022-04-14

Copyright

©2022 Rüllmann 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/>.

Virtueller Auskultationskurs via Videokonferenz in Zeiten von COVID-19 verbessert die kardialen Auskultationsfertigkeiten im Vergleich zum Fachliteratureigenstudium von Medizinstudierenden im dritten Studienjahr: eine prospektive randomisierte kontrollierte Cross-over-Studie

Zusammenfassung

Hintergrund: Die Herzauskultation ist eine der wichtigsten klinischen Fertigkeiten, die im Medizinstudium gelehrt werden. Aufgrund von Kontaktbeschränkungen während der SARS-CoV-2-Pandemie war die Interaktion mit Patienten sehr begrenzt. Daher wurde ein Peer-to-Peer-Kurs zur fallbasierten Auskultation per Videokonferenz entwickelt.

Methoden: In einer randomisierten, kontrollierten Cross-over-Studie wurde untersucht, ob die Teilnahme an einem virtuellen Auskultationskurs die Herzauskultationsfertigkeiten von Medizinstudierenden im dritten Studienjahr verbessern könnte. Sechzig Medizinstudierende wurden randomisiert einer Experimental- oder Kontrollgruppe zugeteilt. Aufgrund von Nichterscheinen nahmen insgesamt 55 Studierende teil. Je nach Zuteilung besuchten die Studierenden in unterschiedlicher Reihenfolge drei neunzigminütige Kurse im Abstand von einer Woche: einen virtuellen, fallbasierten Auskultationskurs per Videokonferenz, ein Fachliteratureigenstudium und einen Kurs mit einem High-Fidelity-Auskultationssimulator (SAM II) in Präsenz. Der primäre Endpunkt der Studie war die Performance der beiden Gruppen am Simulator nach der Teilnahme am virtuellen Auskultationskurs oder am Fachliteratureigenstudium. Um ihre Auskultationsfähigkeit zu bewerten, nahmen die Studierenden an fünf Assessments teil, bei denen stets dieselben sechs Pathologien verwendet wurden: Stenose und Insuffizienz der Aorten- und Mitralklappe, Ventrikelseptumdefekt und persistierender Ductus arteriosus. Außerdem bewerteten die Teilnehmenden ihre Zufriedenheit mit den einzelnen Kursformaten und gaben eine Selbsteinschätzung der Zunahme ihrer Kompetenz ab.

Ergebnisse: Im Vergleich zum Fachliteratureigenstudium führte die Teilnahme am virtuellen Auskultationskurs zu einer signifikant verbesserten Beschreibung der Herzgeräusche am Auskultationssimulator in Bezug auf Zuordnung zu Systole und/oder Diastole, Identifizierung hoher und tiefer Frequenzen sowie Lautstärkedynamik. Bei der diagnostischen Präzision und der Identifizierung des Punctum maximum gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Nach dem virtuellen Kurs zeigten die Teilnehmenden eine höhere Zufriedenheit und einen höheren Zuwachs an selbst eingeschätzter Kompetenz im Vergleich zu den Teilnehmenden des Fachliteratureigenstudiums.

Schlussfolgerung: In dieser Studie wurde erstmals nachgewiesen, dass ein fallbasierter virtueller Auskultationskurs Aspekte der Herzauskultation am Simulator verbessern kann. Dies kann den weiteren Erwerb dieser wesentlichen klinischen Fertigkeit erleichtern, auch wenn Kontaktbeschränkungen aufgehoben werden.

Schlüsselwörter: virtuelle Auskultation, Videokonferenz, Fachliteratureigenstudium, Distanzunterricht, Patientensimulator, Herzauskultation, COVID-19, Skills Lab, Peer Teaching

Nils Rüllmann^{1,2}

Raphael Hirtz³

Unaa Lee²

Kathrin Klein⁴

Ertan Mayatepek²

Bastian Malzkorn¹

Carsten Döing^{1,2}

1 Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf, Medizinische
Fakultät, Studiendekanat,
Düsseldorf, Deutschland

2 Universitätsklinikum
Düsseldorf, Heinrich-Heine-
Universität Düsseldorf, Klinik
für Allgemeine Pädiatrie,
Neonatologie und
Kinderkardiologie,
Düsseldorf, Deutschland

3 Universitätsklinikum Essen,
Universität Duisburg-Essen,
Kinderklinik II, Abteilung für
Pädiatrische Endokrinologie
und Diabetologie, Essen,
Deutschland

4 Universitätsklinikum
Düsseldorf, Heinrich-Heine-
Universität Düsseldorf, Klinik
für Kardiologie, Pneumologie
und Angiologie, Düsseldorf,
Deutschland

1. Hintergrund

Die Herzauskultation mittels Stethoskop ermöglicht die unmittelbare Identifizierung wichtiger kardialer Pathologien. Sie ist leicht zugänglich und Bestandteil der meisten körperlichen Untersuchungen, so dass geschulte Untersuchende bereits eine genaue Diagnose stellen [1] oder weiterführende Diagnostik einleiten können.

Die Auskultation ist eine wesentliche Untersuchungstechnik. Sie erfordert die Entwicklung komplexer auditiver Fähigkeiten. In der medizinischen Ausbildung werden diese in Vorlesungen, Untersuchungskursen und am Krankenbett gelehrt. Der Unterricht am Krankenbett ermöglicht Medizinstudierenden, in einer realistischen Umgebung zu lernen, gehörte Herztöne und -geräusche in einen Zusammenhang mit weiteren Befunden zu stellen und typische Schallausbreitungsmuster über dem Thorax zu identifizieren. Geringer Kontakt mit selten vorkommenden Befunden sowie das ungünstige Verhältnis von Lernenden zu Patient*innen stellen jedoch eine Herausforderung dar [2]. Darüber hinaus verhindert die Variabilität der klinischen Präsentation standardisierten Unterricht [3] und Patient*innen (z. B. Kinder) sind unter Umständen während der Untersuchung nicht kooperativ oder verfügbar, zuletzt aufgrund von Kontaktbeschränkungen während der SARS-CoV-2-Pandemie.

Zahlreiche Studien haben in der Vergangenheit gezeigt, dass Medizinstudierende [4], Assistenzärzt*innen sowie Fachärzt*innen [4], [5], [6], [7], [8] über schlechte Auskultationsfertigkeiten verfügen, was die Notwendigkeit besserer Schulungsmethoden unterstreicht. Obwohl es sich um eine klinische Kernkompetenz handelt, verbessert klinische Praxis nicht erforderlicherweise die Herzauskultationsfertigkeiten [9], [10], [11].

Mit der Generation der „Digital Natives“ hat der Einsatz von Simulationstechnologien und E-Learning für das Training und die Evaluation von klinischen Fertigkeiten in der medizinischen Ausbildung in den letzten zwei Jahrzehnten immer mehr zugenommen: Mehrere Simulationmethoden zum Training der Herzauskultation, die in einer Übersichtsarbeit von Ward and Wattier [12] und einer Metaanalyse von McKinney, Cook [13] zusammengefasst sind, ermöglichen den verbesserten Transfer von Herzauskultationsfertigkeiten in die klinische Tätigkeit [14]. Virtuelle Lehrprogramme reichen von Geräuschsimulationen [15], [16], [17] über die Untersuchung virtueller Patient*innen [18] bis hin zu pädiatrischen E-Learning-Kursen der kardiologischen Grundlagen [19]. Auskultationstraining an Auskultationssimulatoren (z. B. Student Auscultation Manikin=SAM II) und simulierten Patient*innen in Skills Labs bieten eine weitere Möglichkeit, die Auskultation von physiologischen sowie pathologischen Befunden zu erlernen und zu trainieren [2], [12], [14], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26].

Während der anhaltenden Kontaktbeschränkungen aufgrund der SARS-CoV-2-Pandemie wurden die Kurse in Präsenz im Skills Lab an unserer Fakultät mit einem Auskultationssimulator ausgesetzt, die Interaktion mit echten Patient*innen im Rahmen des Bedside Teaching

war eingeschränkt [27]. Ähnliche Hindernisse wurden bereits während des Ausbruchs von SARS-CoV-1 beschrieben [28]. Der dringende Bedarf an alternativen Ausbildungsmethoden erwies sich als Gelegenheit, die Modernisierung der medizinischen Ausbildung [29] an unserer Fakultät im Sommersemester 2020 weiter voranzubringen: Ein virtueller Auskultationskurs (VAC) via Videokonferenz wurde von einem Studierenden mit umfangreicher Erfahrung im Peer-Teaching unter Unterstützung von Fachärzt*innen für Kardiologie und Kinderkardiologie konzipiert [27].

In Anlehnung an Ergebnisse früherer Studien [14], [20], [21], [22], [23] wurden die folgenden Hypothesen (H) bezüglich der Wirkung eines VAC auf die Auskultationsfertigkeiten von Medizinstudierenden abgeleitet: Die Teilnahme an einem VAC ermöglicht eine verbesserte Beschreibung (H_1), eine höhere diagnostische Präzision (H_2) und eine zuverlässigere Identifizierung des Punctum Maximum (H_3) von Herzgeräuschen im Vergleich zum Fachliteratureigenstudium, unmittelbar nach dem Kurs (H_{1A} , H_{2A}) und bei der Nachuntersuchung am Simulator (H_{1B} , H_{2B} , H_3). Die Performance der Teilnehmenden am Auskultationssimulator stellte den primären Endpunkt der Studie dar (H_{1B} , H_{2B} , H_3).

Um den Teilnehmenden die Möglichkeit zu geben, von allen eingesetzten Lehrmethoden zu profitieren, wurde ein Cross-over-Design gewählt. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass dieser Ansatz bei den Teilnehmenden am Ende der Studie unabhängig von der Reihenfolge, in der die Kurse absolviert wurden, zu vergleichbaren Herzauskultationsfertigkeiten führt (H_4) [30], [31].

In Anlehnung an frühere Evaluationsergebnisse [27] wurde erwartet, dass die Teilnahme am virtuellen Auskultationskurs zu einer höheren Zufriedenheit (H_5) und einem höheren Anstieg der selbst eingeschätzten Kompetenz (H_6) im Vergleich zum Fachliteratureigenstudium führt.

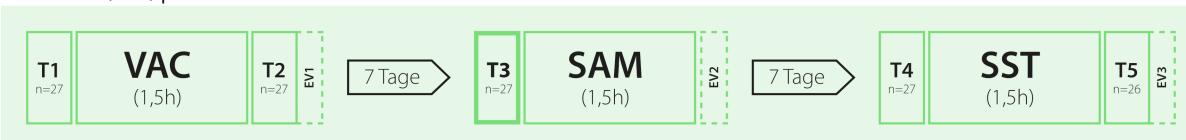
2. Methoden

2.1. Studiendesign

Eine prospektive, randomisierte, kontrollierte Cross-over-Studie wurde an der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf durchgeführt. Ziel der Studie war es, die Herzauskultationsfertigkeiten nach der einmaligen Teilnahme an einem neunzigminütigen, virtuellen, fallbasierten Auskultationskurs mit der Teilnahme an einem zeitäquivalenten Fachliteratureigenstudium zu vergleichen.

Wie in Abbildung 1 dargestellt, wurden im Rahmen dieser Studie drei Kursformate in unterschiedlicher Reihenfolge angeboten: ein virtueller Auskultationskurs (VAC), ein Fachliteratureigenstudium (SST) während einer Videokonferenz, die beide über Microsoft Teams (MS Teams; <https://www.microsoft.com/de-de>) gehalten wurden, und ein Kurs unter Verwendung eines Auskultationssimulators (SAM) in Präsenz. Die Kurse fanden im Abstand

GRUPPE A(EXP) | n = 27



GRUPPE B(CTR) | n = 28

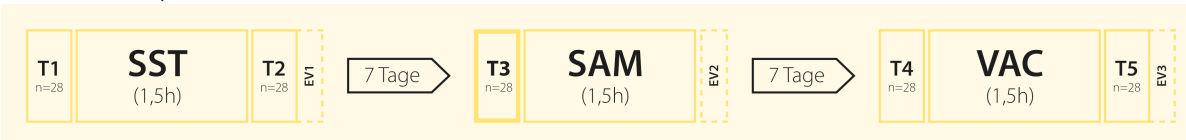


Abbildung 1: Studiendesign: prospektiv kontrolliertes Cross-over-Design mit drei Interventionen (VAC: virtueller Auskultationskurs, SAM: Auskultationstrainer, SST: Fachliteratur-Eigenstudium), fünf Assessments (T1-T5) und Evaluationen (EV) der Zufriedenheit der Studierenden und der Zunahme der selbst eingeschätzten Kompetenz nach jeder Intervention (EV1-EV3) im Abstand von jeweils einer Woche. Kursabfolge der Experimentalgruppe in Grün, Kursabfolge der Kontrollgruppe in Gelb. Die Performance der Teilnehmenden bei T3 ist als primärer Endpunkt definiert.

von einer Woche in Gruppen von fünf (SAM) bis zehn Teilnehmenden (VAC & SST) statt.

Die Auskultationsperformance wurde während fünf Assessments (T1-T5) anhand derselben sechs Pathologien bewertet, die bei erwachsenen und pädiatrischen Patient*innen vorkommen: Stenose und Insuffizienz der Aorten- und Mitralklappe, Ventrikelseptumdefekt und persistierender Ductus arteriosus. Der primäre Endpunkt der Studie war die Performance an einem Auskultationsimulator sieben Tage nach der Teilnahme an einer von zwei verschiedenen Interventionen. Gruppe A (Experimentalgruppe) nahm an einem virtuellen Auskultationskurs (VAC) teil, Gruppe B (Kontrollgruppe) am Fachliteratureigenstudium (SST). Die Assessments T1, T2, T4, T5 wurden vor und nach VAC und SST durchgeführt, um die unmittelbare Auswirkung auf die Auskultationsfertigkeiten zu untersuchen.

Die Zufriedenheit und die Zunahme der selbst eingeschätzten Kompetenz der Teilnehmenden wurden anhand von Evaluationsbögen (EV1-EV3) erfasst, die nach jedem Kurs ausgefüllt wurden.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Deutschland genehmigt (Nr. 2021-1298) und in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki durchgeführt.

2.2. Randomisierung

Sechzig Medizinstudierende im dritten Studienjahr wurden auf freiwilliger Basis rekrutiert und gaben ihr Einverständnis zur Teilnahme. Die erfolgreiche Teilnahme wurde mit zehn Euro entlohnt. Der Randomisierungsprozess ist in Abbildung 2 dargestellt.

Während der ersten beiden Studienjahre im Rahmen des Düsseldorfer Curriculums nehmen Studierende der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität an einem Untersuchungskurs teil, in dem sie die Herzauskultation am gesunden Herzen erlernen. Pathologische Befunde werden in den kardiologischen Vorlesungen im Rahmen des vierten Studienjahres vermittelt.

2.3. Interventionen

Die Studierenden nahmen an drei Kursen (VAC, SST, SAM) von gleicher Länge (90 Minuten) in zwei verschiedenen, von der Randomisierung abhängigen Reihenfolgen teil. Um Verzerrungen zu vermeiden, wurden alle Kurse vom selben Tutor gegeben.

2.3.1. Virtueller Auskultationskurs (VAC)

Das interaktive, fallbasierte Online-Seminar wurde entwickelt, um die Auskultationstechnik, die Beschreibung und die Interpretation von Auskultationsbefunden in einem externen Kontext zu verbessern [27]. Der Kurs wurde von einem erfahrenen Medizinstudierenden gegeben, da sich Peer-Teaching sowohl für Lehrende als auch für Lernende als vorteilhaft erwiesen hat [30], [32]. In Anlehnung an das Modell des fallbasierten Lernens [33], [34] wurden klinische Fälle unter Verwendung synthetisierter Auskultationsgeräusche vorgestellt. Es wurden Fälle von Erwachsenen und Kindern besprochen.

Mit freundlicher Genehmigung der Universität Bern, Schweiz wurden synthetisierte Herztöne und -geräusche verwendet, die im Rahmen des dort entwickelten Online-Lernprogrammes Clinisurf [<https://clinisurf.elearning.aum.iml.unibe.ch/>] bereitgestellt wurden.

2.3.2. Fachliteratureigenstudium (SST)

Die Kontrollintervention bestand aus dem Studium von Auszügen zweier deutscher Lehrbücher zur Herzauskultation: „Füßl: Anamnese und klinische Untersuchung“ ([35], S.184, 196, 197-207) als Referenzlehrbuch des Untersuchungskurses der Medizinischen Fakultät und „Erdmann: Klinische Kardiologie“ ([36], S.375-377, 381-383, 397-415) als Referenzlehrbuch für Kardiologie-Vorlesungen. Diese Auszüge wurden als eBook-Kapitel zu Beginn einer betreuten, neunzigminütigen Videokonferenz zur Verfügung gestellt. Die Beschreibung der Herzgeräusche, einschließlich der phonokardiographischen Visualisierungen, und das präsentierte klinische Wissen entsprachen dem des VAC.

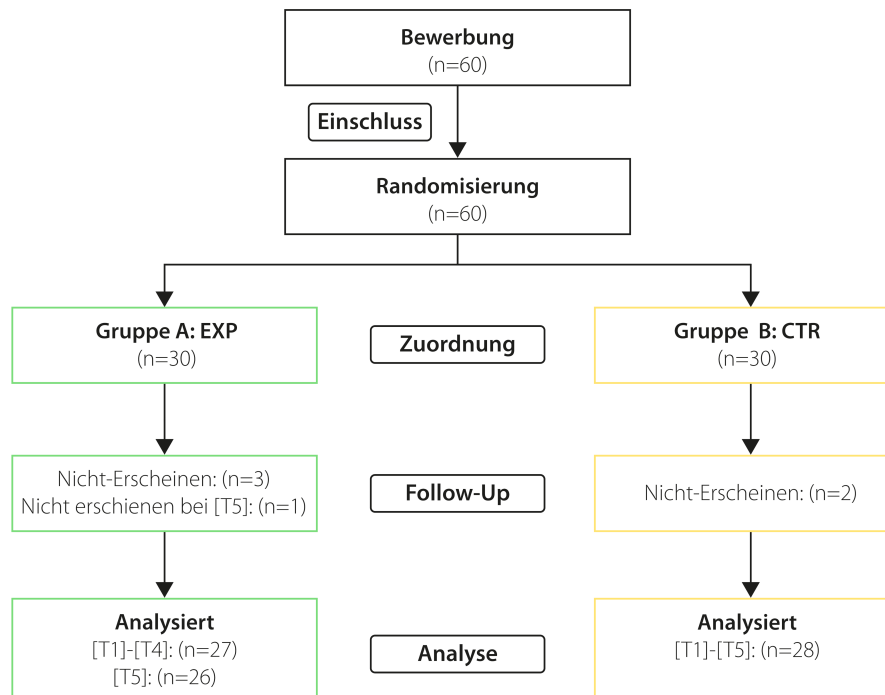


Abbildung 2: Randomisierung: N = 60 Medizinstudierende wurden rekrutiert und nach dem Zufallsprinzip mit Hilfe von Zufallszahlen, die mit dem Research Randomizer [https://www.randomizer.org] generiert wurden, zwei gleich großen Gruppen zugeordnet: Gruppe A (EXP) = Experimentalgruppe, B (CTR) = Kontrollgruppe. Aufgrund von Nicht-Erscheinen begann die Studie mit n=55 Teilnehmenden (A: n=27; B: n=28); eine teilnehmende Person der Gruppe A erschien nicht während des Follow-Up.

Einschlusskriterien: Alter > 18 Jahre, Medizinstudierende im dritten Jahr an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Internetzugang, Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie. Ausschlusskriterien: Rücknahme der Einwilligung.

Bislang gibt es keine Belege für die Wirksamkeit des Fachliteratureigenstudiums zur Herzauskultation. Es wurde als Kontrollintervention gewählt, da es eine Standardmethode für Medizinstudierende zur Vorbereitung auf das klinische Arbeiten darstellt. Das Fachliteratureigenstudium ist somit ein relevanter Komparator, auch wenn das Erlernen der Auskultation allein anhand von Literatur unüblich ist und die Wirksamkeit des Eigenstudiums bisher nicht untersucht wurde.

2.3.3. Auskultationssimulator (SAM)

Im Skills Lab auskultierten die Teilnehmenden den Auskultationssimulator „Cardionics Student Auscultation Manikin II“ (SAM, Cardionics, Webster, Texas, USA), der die gleichen sechs Herzgeräusche, die auch während der beiden weiteren Kursen behandelt wurden, darstellte. Die Auskultationsperformance wurde bewertet (T3). Nach der Teilnahme am Assessment wurden verschiedene Herzgeräusche vorgestellt und die damit verbundenen Herzkrankheiten und ihr klinischer Hintergrund mit dem Tutor besprochen.

2.4. Assessment

Die Reihenfolge der kardialen Pathologien wurde mit dem Research Randomizer [https://www.randomizer.org/] randomisiert. Um Verwechslungen zu vermeiden, war die Reihenfolge der Pathologien gemäß des Cross-over-Designs der Studie identisch: Vor VAC, SST und SAM und nach

VAC und SST wurde für beide Gruppen jeweils die gleiche Reihenfolge verwendet.

Unmittelbar vor und nach VAC und SST (T1, T2, T4, T5) hörten sich die Studierenden 15 Minuten lang die Auskultationsgeräusche über ihre eigenen Kopfhörer an. Sie wurden gebeten, die Geräuschcharakteristika zu beschreiben (z. B. Zuordnung zu Systole und/oder Diastole, Identifizierung von tiefen und hohen Frequenzen, Lautstärkedynamik) und für jeden Auskultationsbefund eine Diagnose zu stellen. Die verwendeten Auskultationsdateien waren dieselben, die im VAC verwendet wurden, und waren für die Assessments T1, T2, T4 und T5 identisch. Die Teilnehmenden erhielten keine Rückmeldung zu ihren Antworten.

Am Simulator benutzten die Teilnehmenden ihre eigenen Stethoskope, um die gleichen Geräusche zu auskultieren, die während des VAC und des SST behandelt wurden. Neben einer Beschreibung der Geräuschcharakteristika und einer Diagnose bezüglich der vorgestellten Pathologien wie während des Assessments T1, T2, T4, T5 wurden die Teilnehmenden gebeten, für jedes Herzgeräusch ein Punctum Maximum anzugeben. Die synthetisierten Auskultationsgeräusche wurden von Cardionics, dem Hersteller des Auskultationssimulators SAM II, zur Verfügung gestellt.

2.5. Datenerhebung und -verarbeitung

Für die Kategorien „Geräuschbeschreibung“ (DESC), „Diagnose“ (DIAG) und am Simulator „Punctum maxi-

mum“ (PM) gaben die Teilnehmenden ihre Antworten über Fragebögen in Form von Freitext. Die Antworten wurden mit dem Online-Bewertungsformular der Medizinischen Fakultät erfasst und ab Quelle anonymisiert. Für die Online-Kurse (VAC & SST) waren die Fragebögen (T1, T2, T4, T5) über das Internet zugänglich. Die Formulareingaben wurden mit Zeitstempeln versehen, um sicherzustellen, dass Eingaben nur während des 90-minütigen Zeitintervalls der Kurse erfolgten. Für den Kurs in Präsenz (SAM, T3) wurden gedruckte Fragebögen handschriftlich ausgefüllt und anschließend digitalisiert.

Die Antworten wurden mit einer Liste akzeptierter Antworten für jedes Item verglichen und von zwei Bewerter*innen beurteilt. Bei Unstimmigkeiten wurde die Punktzahl von einer dritten Bewerterin, einer Kardiologin, vergeben. Eine richtige Antwort wurde mit einem Punkt bewertet. Für die Auswertung der Ergebnisse wurden die Punktzahlen für jede der bewerteten Kategorien (DIAG, DESC, PM) separat summiert. Die maximale Punktzahl in jeder Kategorie betrug sechs Punkte.

Zusätzliche Bewertungsbögen (EV1-EV3) mit sechsstufigen Likert-Skalen (beste Punktzahl=1) wurden eingesetzt, um die Zufriedenheit und den selbst eingeschätzten Kompetenzzuwachs nach jedem Kurs zu messen.

2.6. Statistik

Datenverarbeitung und statistische Analysen wurden mit SPSS 27 (Armonk, NY: IBM Corp.) durchgeführt. H_{1-6} wurden zweiseitig getestet und Ergebnisse mit einem p -Wert <0.5 als signifikant angesehen. In Anbetracht der Tatsache, dass H_4 mit der (statistischen) H_0 übereinstimmt (d. h. kein Leistungsunterschied bei T5 zwischen den Gruppen in Bezug auf die unterschiedliche Reihenfolge der Kurse), wurde H_4 mit einem adjustierten α -Fehlerniveau von $p < .20$ bewertet. Dieser Ansatz ermöglichte es, die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, H_0 abzulehnen, wie in solchen Fällen empfohlen [37]. Alle anderen Analysen wurden explorativ durchgeführt und daher nicht für multiple Vergleiche korrigiert.

Eine Interpretation der Effektstärke erfolgte nach Cohen [38] (d : klein $0.20 \leq d < 0.49$, mittel $0.50 \leq d < 0.79$, groß ≥ 0.8). Power-Analysen wurden mit GPower 3.1 [39] durchgeführt (Annahme: $\alpha = .05$, zweiseitiger Test, ausreichende Power $= 1 - \beta \geq 0.8$).

Summenscores bezüglich Diagnosestellung und Geräuschbeschreibung bei T1-T5 sowie zur Identifizierung des Punctum Maximum bei T3 waren nicht normalverteilt und enthielten Ausreißer, wie sich auf Grundlage von Shapiro-Wilk-Tests und der Inspektion von Q-Q-Plots und Boxplots zeigte. Dies galt auch für die Items zur Bewertung der Kurszufriedenheit und der selbst eingeschätzten Kompetenz (H_5 , H_6). In Anbetracht des Studiendesigns, das keine Messwiederholung zuließ, wurden Mann-Whitney-U-Tests durchgeführt, um Experimental- und Kontrollgruppe bezüglich aller Ergebnismessungen zu vergleichen.

3. Ergebnisse

3.1. Kardiale Auskultationsfertigkeiten

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der Beschreibung der Auskultationsbefunde (DESC; z. B. Zuordnung zu Systole und/oder Diastole, Identifizierung von tiefen und hohen Frequenzen, Lautstärkedynamik) zwischen Experimental- ($n=27$) und Kontrollgruppe ($n=28$) unmittelbar nach dem ersten Kurs (T2: Median_{exp}=4, Median_{control}=1; $p < .001$, $d=2.06$), am Simulator (T3: Median_{exp}=3, Median_{control}=0; $p < .001$, $d=2.06$) und vor dem dritten Kurs (T4: Median_{exp}=4, Median_{control}=2; $p < .001$, $d=1.24$), was beim ersten Assessment nicht der Fall war (T1: Median_{exp}=0, Median_{control}=0; $p=.99$; H_{1A-B} angenommen), (siehe Abbildung 3 und Tabelle 1).

Hinsichtlich der Diagnosestellung (DIAG) wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen beim ersten Assessment (T1: Median_{exp}=0, Median_{control}=0.5; $p=.93$) und am Simulator (T3: Median_{exp}=1, Median_{control}=1; $p=.60$; H_{2B} verworfen) festgestellt. Unmittelbar nach dem ersten Kurs und vor dem dritten Kurs gab es jedoch einen signifikanten Unterschied (T2: Median_{exp}=4, Median_{control}=1; $p < .001$, $d=2.05$; T4: Median_{exp}=3, Median_{control}=1, $p=.004$, $d=0.82$; H_{2A} angenommen).

Die Teilnahme am VAC ermöglichte keine bessere Identifizierung des Punctum Maximum der Herzgeräusche (PM) am Simulator (T3: Median_{exp}=3, Median_{control}=3; $p=.54$; H_3 verworfen).

Zu beachten ist, dass bei allen Summenscore-bezogenen Analysen die Power nur für den Nachweis eines Gruppenunterschieds mit großer Effektstärke ausreichte (power (1- β): $d \geq 0.8 = 0.81$).

3.1.1 Evaluation des Cross-over-Designs (H_4)

Beim letzten Assessment (T5) wurde kein signifikanter Unterschied zwischen Experimental- ($n=26$) und Kontrollgruppe ($n=28$) hinsichtlich DIAG und DESC festgestellt (DESC: Median_{exp}=4, Median_{control}=4; $p=.97$; DIAG: Median_{exp}=4, Median_{control}=3; $p=.31$; H_4 angenommen).

3.2. Kurszufriedenheit und selbst eingeschätzte Kompetenz

Teilnehmende des VAC gaben eine signifikant höhere Zufriedenheit im Vergleich zu Teilnehmenden des SST (siehe Abbildung 4 und Tabelle 2) an. Dies zeigte sich in Gruppe A (EXP) nach dem ersten Kurs (EV1: Median_{exp}=1, Median_{control}=4; $p < .001$, $d=2.70$) und in Gruppe B (CTR) nach dem dritten Kurs (EV3: Median_{exp}=4, Median_{control}=2; $p < .001$, $d=1.92$; H_5 angenommen).

Die Teilnahme am VAC führte zu einem signifikant höheren Anstieg der selbst eingeschätzten Kompetenz als die Teilnahme am Fachliteratureigenstudium. Gruppe A (EXP) gab einen höheren Anstieg nach dem ersten Kurs (EV1: Median_{exp}=1, Median_{control}=4; $p < .001$, $d=2.46$) an, ebenso wie Gruppe B (CTR) nach dem dritten Kurs (EV3: Median_{exp}=4, Median_{control}=2; $p < .001$, $d=1.31$; H_6 angenommen).

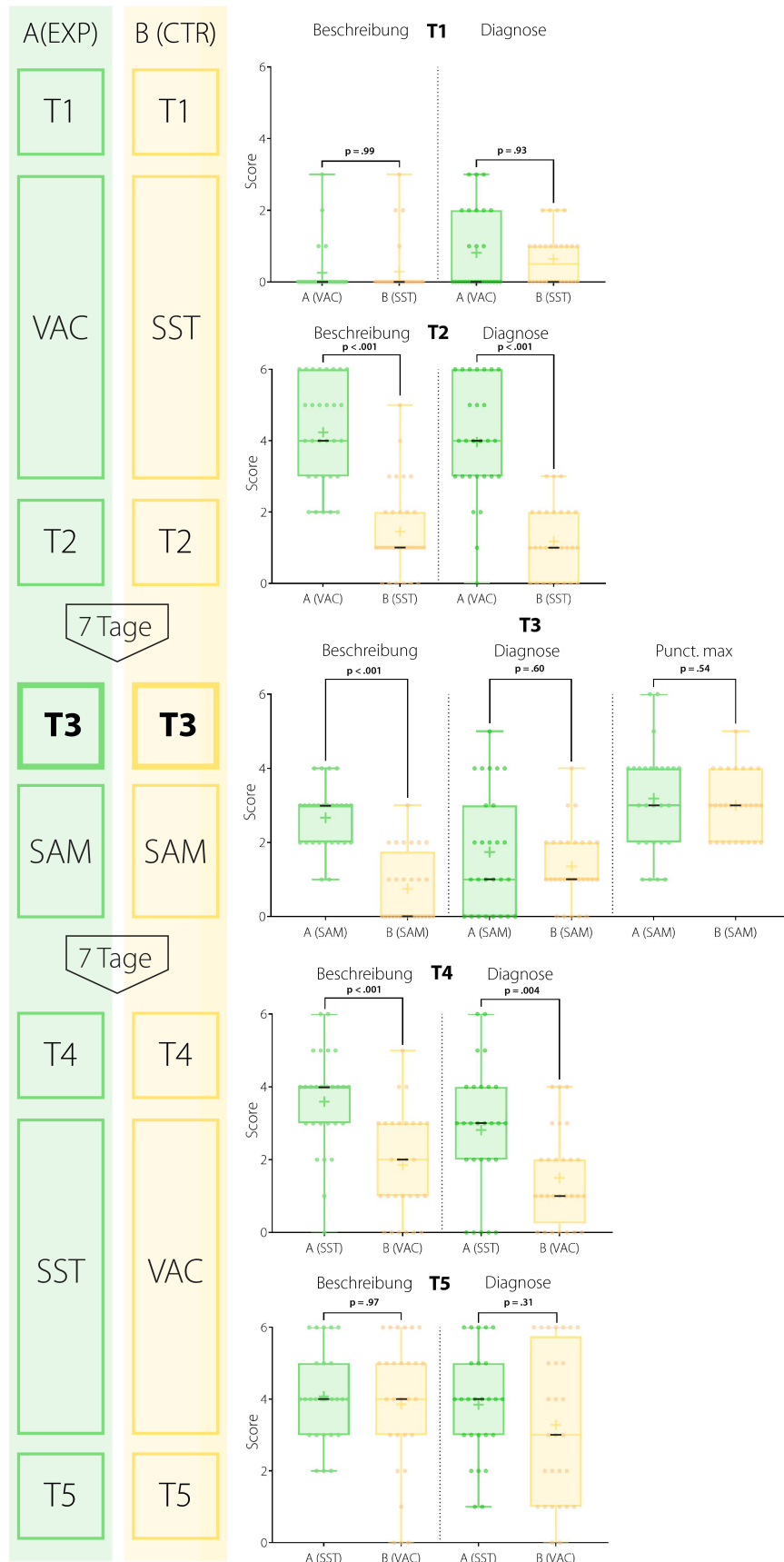


Abbildung 3: Kardiologische Auskultationsfertigkeiten: Summenscores für Diagnosestellung (DIAG), Geräuschbeschreibung (DESC) bei T1-T5 sowie Identifizierung des Punctum Maximum (PM) bei T3, dargestellt in Beeswarm Boxplots (maximale Punktzahl = 6). Ergebnisse der Experimentalgruppe in Grün, Ergebnisse der Kontrollgruppe in Gelb. (+) = Mittelwert; (-) = Median. Primärer Endpunkt bei T3.

Tabelle 1: Kardiale Auskultationsfertigkeit (T1-T5): Summenscores der Geräuschbeschreibung (DESC) und diagnostischer Präzision (DIAG) bei T1-T5 sowie Identifizierung des Punctum Maximum (PM) bei T3 (maximale Punktzahl=6). Durchführung von Mann-Whitney-U-Tests zum Vergleich von Experimental- (A) und Kontrollgruppe (B). Power (d) nur ausreichend für die Feststellung einer großen Effektstärke (Power (1-β): $d \geq 0,8=0,81$).

		A(EXP)		B(CTR)		Mann-Whitney U Test			
		n	Median	n	Median	U	z	p	d
T1	DESC	27	0	28	0	377.5	-0.01	.99	-
	DIAG		0		0.5	373	-0.09	.93	-
T2	DESC	27	4	28	1	62	-5.28	<.001	2.06
	DIAG		4		1	62.5	-5.38	<.001	2.05
T3 (Primärer Endpunkt)	DESC	27	3	28	0	62	-5.48	<.001	2.06
	DIAG		1		1	347.5	-0.53	.60	-
	PM		3		3	342.5	-0.62	.54	-
T4	DESC	27	4	28	2	62	-3.97	<.001	1.24
	DIAG		3		1	211	-2.86	.004	0.82
T5	DESC	26	4	28	4	377.5	-0.04	.97	-
	DIAG		4		3	319	-1.01	.31	-

Tabelle 2: Kurszufriedenheit und selbst eingeschätzter Kompetenzzuwachs: Bewertung der Zufriedenheit und des selbst eingeschätzten Kompetenzzuwachses der Teilnehmenden nach der Kursteilnahme auf einer sechsstufigen Likert-Skala (bester Wert=1). Durchführung von Mann-Whitney-U-Tests zum Vergleich der Experimental- (A) und Kontrollgruppe (B) bei EV1 und EV3. Power (d) nur ausreichend für den Nachweis einer großen Effektgröße (Power (1-β): $d \geq 0,8=0,81$). Keine Durchführung statistischer Tests bei EV2.

		A(EXP)		B(CTR)		Mann-Whitney U Test			
		n	Median	n	Median	U	z	p	d
EV1	Zufriedenheit	27	1	28	4	732	-6.09	<.001	2.70
	Kompetenz		1		4	720	-5.92	<.001	2.46
EV2	Zufriedenheit	27	1	28	1	-	-	-	-
	Kompetenz		2		2	-	-	-	-
EV3	Zufriedenheit	26	4	28	2	73	-5.05	<.001	1.92
	Kompetenz		4		2	136.5	-4.04	<.001	1.31

Am Auskultationssimulator zeigten beide Gruppen eine vergleichbar hohe Zufriedenheit (EV2: Median_{exp}=1, Median_{control}=1) und gaben einen hohen selbst eingeschätzten Kompetenzzuwachs an (EV2: Median_{exp}=2, Median_{control}=2).

4. Diskussion

Die vorliegende Studie zeigt zum ersten Mal, dass ein fallbasierter virtueller Auskultationskurs via Videokonferenz die Beschreibung von Herzauskultationsbefunden am Simulator im Vergleich zum Fachliteratureigenstudium signifikant verbessern kann.

4.1. Einfluss auf Studienteilnehmende

Medizinstudierende, die am VAC teilnahmen, wiesen eine deutliche Verbesserung der Fähigkeit auf, Charakteristika von Herzgeräuschen am Simulator zu beschreiben. Es wurde kein signifikanter Unterschied in der diagnostischen Genauigkeit festgestellt. Ein ähnlicher Effekt wurde in einer Studie von Giovanni et al. [24] beobachtet, in der die Auskultationsperformance von Studierenden an Patient*innen sechs Wochen nach dem Anhören von aufgenommenen Auskultationsbefunden oder dem Training an einem Auskultationssimulator verglichen wurde. Nach dem Training am Simulator zeigten die Studierenden eine bessere Performance bei der Interpretation der Tonbei-

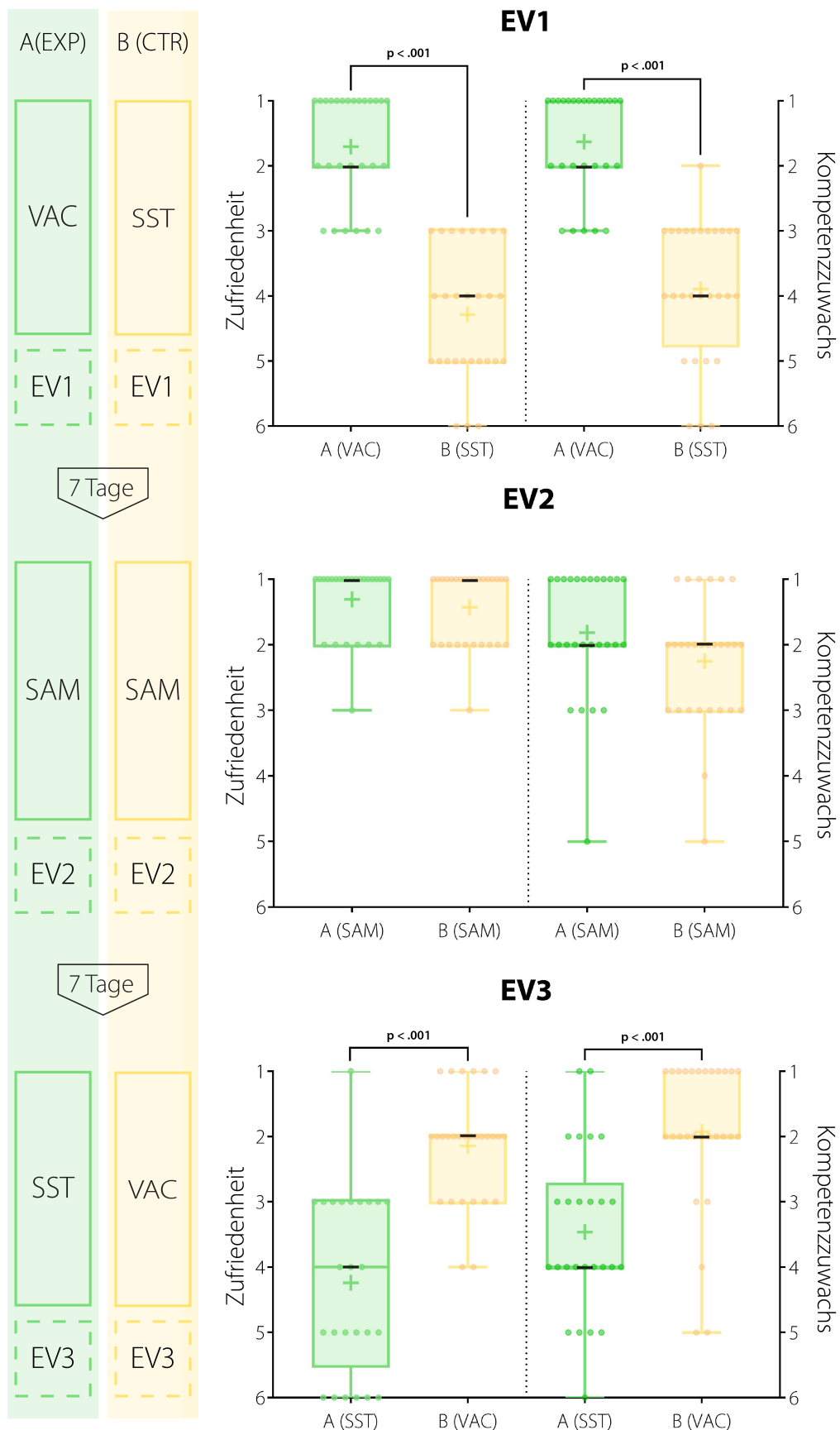


Abbildung 4: Evaluationsergebnisse: Auf einer sechsstufigen Likert-Skala basierende Evaluation (beste Punktzahl = 1) der Zufriedenheit der Teilnehmenden und des selbst eingeschätzten Kompetenzzuwachses nach der Kursteilnahme in Beeswarm Boxplots. Ergebnisse der Experimentalgruppe in Grün, Ergebnisse der Kontrollgruppe in Gelb. (+) = Mittelwert; (-) = Median. Keine Durchführung statistischer Tests bei EV2.

spiele, ohne dass die diagnostische Präzision verbessert war.

Das Stellen einer auf Auskultation basierten Diagnose ist vermutlich mit deklarativem, d. h. explizitem Wissen verbunden (z. B. „Die Aortenstenose ist ein systolisches Geräusch“). Im Gegensatz dazu kann die Beschreibung von Herzgeräuschen als implizite Fähigkeit betrachtet werden, die von prozeduralem Wissen abhängt [40]. Im Gegensatz zu deklarativem Wissen wird prozedurales Wissen durch praktische Übungen trainiert. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie deuten darauf hin, dass die Teilnahme am VAC zu einem höherem Erwerb von prozeduralem als von deklarativem Wissen führt. Es ist wichtig, dass prozedurales Wissen in vielen Fällen die relevantere Art von Wissen darstellen kann. Wie von Kumar and Thompson [11] dargelegt, benötigen Ärzt*innen nicht zwingend eine hohe diagnostische Genauigkeit, um eine Vielzahl verschiedener Geräusche zu identifizieren, sondern sollten in der Lage sein, physiologische von pathologischen Befunden zu unterscheiden, um weitere Diagnostik einzuleiten und gegebenenfalls eine Überweisung an einen/eine Fachärzt*in für Kardiologie zu initiieren.

Im Einklang mit diesen Überlegungen wurde in einer früheren Studie von H'Mida, Degrenne [41], in der Video- und Standbilder zum Erlernen einer motorischen Fertigkeit verglichen wurden, ein zuverlässiger Erwerb und Erhalt von prozeduralem Wissen über einen Zeitraum von einer Woche berichtet, wie er auch in der vorliegenden Studie beobachtet wurde.

Die Beobachtung, dass die Teilnahme am VAC zu einer verbesserten Beschreibung der Herzgeräusche, nicht jedoch zu einer höheren diagnostischen Präzision führte, könnte auch durch Raten zu begründen sein. Es gab eine hohe Variabilität beim Stellen der korrekten Diagnose am Simulator, hauptsächlich bedingt durch einige Teilnehmende, die die richtige Diagnose ohne eine korrekte Beschreibung des Auskultationsbefundes stellten.

Die Teilnahme am VAC verbesserte die Identifizierung eines Punctum Maximum (PM) nicht signifikant. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass es während des VAC nicht möglich war, alle Auskultationspunkte auf dem Thorax in jedem vorgestellten Fall virtuell auszukultieren. Die Teilnehmenden hatten somit keine Gelegenheit, typische Ausbreitungsmuster der Geräusche selbstständig zu erarbeiten.

4.2. Implikationen für das Training der kardialen Auskultation

In dieser Studie führten der VAC und das Training an einem Simulator zu hohen Zufriedenheitsraten und einer messbaren Steigerung der selbst eingeschätzten Kompetenz bei Medizinstudierenden im dritten Studienjahr. Dies könnte zu einem größeren Nutzen von weiterem Auskultationstraining für Teilnehmenden (z. B. Unterricht am Krankenbett) im Verlauf des Medizinstudiums führen, wie zuvor von Bernardi et al. vorgeschlagen [20]. Dies

unterstreicht die Bedeutung eines frühzeitigen Trainings grundlegender Untersuchungsfertigkeiten.

Zahlreiche Studien haben die positiven Auswirkungen eines von Tonsimulation [15], [16], [17] bis zu High-Fidelity-Simulatoren [20], [21] reichenden simulationsbasierten Auskultationstrainings gezeigt. Simulatoren wie „Harvey“ oder „SAM“ bieten ein standardisiertes Training mit vielen Aspekten echter Patient*innen, sind jedoch kostenintensiv in der Beschaffung und in der Nutzungszeit limitiert [24]. Bei Kontaktbeschränkungen ist der Zugang weiter eingeschränkt.

In Anbetracht dieser Einschränkungen können auf Videokonferenz basierende Auskultationskurse eine wertvolle Ergänzung des bestehenden Repertoires an Methoden der Vermittlung von Auskultationstrainingsmethoden sein. Die Teilnahme an Schulungen, die in Präsenz oder via Videokonferenz angeboten werden, kann zu ähnlichem Wissen und Vertrauen bei Angehörigen von Gesundheitsberufen führen [42]. Dies wird durch die Ergebnisse der vorliegenden Studie bezüglich der Herzauskultationsfertigkeiten bei Medizinstudierenden bestätigt.

Folglich sind weitere Untersuchungen erforderlich, um die Übertragung von Fertigkeiten aus einem virtuellen Auskultationskurs auf Patient*innen in einem Bedside-Szenario zu untersuchen, beispielsweise durch den Vergleich mit einem Auskultationssimulator. Die Integration von am Krankenbett aufgezeichneten Herztönen und -geräuschen an mehreren Positionen auf dem Thorax von Patient*innen könnte die Identifizierung typischer Muster der Geräuschausbreitung verbessern.

Einmal etabliert, sind virtuelle Auskultationskurse leicht zugänglich und auf andere Fakultäten übertragbar, nicht von Kontaktbeschränkungen betroffen und eine Erhöhung der Anzahl von Kursen erfordert keine zusätzliche Ausrüstung. Das vorgestellte Kurskonzept basiert auf Peer Teaching und ist daher möglicherweise ressourceneffizienter als Formate, die graduiertes Lehrpersonal erfordern. Darüber hinaus ermöglichen sie die Ausbildung in der Auskultation auch in abgelegenen Gebieten mit begrenztem Zugang zu alternativen Ausbildungsmöglichkeiten.

4.3. Limitationen

Aufgrund von Kontaktbeschränkungen wurde die Übertragung von Auskultationsfertigkeiten auf Patient*innen in der klinischen Praxis in dieser Studie nicht untersucht. Allerdings korrelierte eine gute Leistung an einem Auskultationssimulator mit einer guten Leistung an realen Patient*innen, wie Fraser et al. [43] in Bezug auf die Mitralsuffizienz zeigen konnten: Die Auskultationsfertigkeiten an Patient*innen nach dem Auskultationstraining mit virtuellen Patient*innen entsprach der einer Kontrollgruppe, die an zusätzlichem Unterricht am Krankenbett teilnahm [17].

Der langfristige Effekt auf die Auskultationsfertigkeiten wurde in dieser Studie nicht untersucht. Frühere Studien haben jedoch gezeigt, dass die Auskultationsfertigkeiten bis zu drei Jahre nach dem Training an einem Auskultationssimulator gut erhalten bleiben [20], [21].

Die Tonbeispiele, die während und unmittelbar nach VAC bei Assessment T2 dargeboten wurden, waren identisch. Dies könnte die bessere Leistung der am VAC teilnehmenden Studierenden im Vergleich zum SST allein durch das Wiedererkennen der zuvor präsentierten Herzgeräusche erklären. Im Gegensatz dazu waren bei T3 die Tondateien nicht identisch zu T2, obwohl dieselben sechs Pathologien präsentiert wurden.

Auch wenn die Teilnehmenden während des VAC über ihrer Kameras beobachtet werden konnten, wurden die Bildschirme der Teilnehmenden aus Datenschutzgründen nicht überwacht. Somit kann nicht sichergestellt werden, dass die Teilnehmenden mit der zur Verfügung gestellten Literatur gearbeitet oder den virtuellen Kurs während der gesamten Zeit verfolgt haben.

Die vorliegende Studie war ausreichend gepowert, um valide Schlussfolgerungen zu ziehen, aber subtilere Effekte des VAC auf die Auskultationsleistung mit einer moderaten oder kleinen Effektgröße wurden möglicherweise nicht erkannt.

5. Schlussfolgerung

Diese Studie demonstriert erstmals, dass die Ausbildung von Medizinstudierenden mit einem virtuellen Auskultationskurs per Videokonferenz die Herzauskultationsfertigkeiten nach einer Woche am Simulator im Vergleich zum Fachliteratureigenstudium deutlich verbessern kann. Das digitale Lehrformat wurde von den Teilnehmenden als gut bewertet und führte zu einer selbst eingeschätzten Kompetenzzunahme und höherer Zufriedenheit. Somit kann ein interaktiver Online-Kurs auch nach Aufhebung der Kontaktbeschränkungen einen zusätzlichen Nutzen bieten und den Erwerb grundlegender Fertigkeiten in der Herzauskultation unterstützen.

Anmerkung

Bastian Malzkorn und Carsten Döing teilen sich die Seniorautorenschaft.

Interessenkonflikt

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

Literatur

- Chizner MA. Cardiac auscultation: rediscovering the lost art. *Curr Probl Cardiol.* 2008;33(7):326-408. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2008.03.003
- 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
- Holmboe ES. Faculty and the Observation of Trainees' Clinical Skills: Problems and Opportunities. *Acad Med.* 2004;79(1):16-22. DOI: 10.1097/00001888-200401000-00006
- 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
- 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
- Mangione S, Nieman LZ. Cardiac auscultatory skills of internal medicine and family practice trainees. A comparison of diagnostic proficiency. *JAMA.* 1997;278(9):717-722. DOI: 10.1001/jama.1997.03550090041030
- Dhuper S, Vashist S, Shah N, Sokal M. Improvement of cardiac auscultation skills in pediatric residents with training. *Clin Pediatr (Phila).* 2007;46(3):236-240. DOI: 10.1177/0009922806290028
- Roy D, Sargeant J, Grey J, Hoyt B, Allen M, Fleming M. Helping family physicians improve their cardiac auscultation skills with an interactive CD-ROM. *J Contin Educ Health Prof.* 2002;22(3):152-159. DOI: 10.1002/chp.1340220304
- Gaskin PR, Owens SE, Talner NS, Sanders SP, Li JS. Clinical auscultation skills in pediatric residents. *Pediatrics.* 2000;105(6):1184-1187. DOI: 10.1542/peds.105.6.1184
- Mahnke CB, Nowalk A, Hofkosh D, Zuberbuhler JR, Law YM. Comparison of two educational interventions on pediatric resident auscultation skills. *Pediatrics.* 2004;113(5):1331-1335. DOI: 10.1542/peds.113.5.1331
- Kumar K, Thompson WR. Evaluation of cardiac auscultation skills in pediatric residents. *Clin Pediatr (Phila).* 2013;52(1):66-73. DOI: 10.1177/0009922812466584
- Ward JJ, Wattier BA. Technology for Enhancing Chest Auscultation in Clinical Simulation. *Respiratory Care.* 2011;56(6):834-845. DOI: 10.4187/respcare.01072
- 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
- Butter J, Cook DA, Wood D, Hatala R. 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
- Tokuda Y, Matayoshi T, Nakama Y, Kurihara M, Suzuki T, Kitahara Y, Kitai Y, Nakamura T, Itokazu D, Miyazato T. Cardiac auscultation skills among junior doctors: effects of sound simulation lesson. *Int J Med Educ.* 2020;11:107-110. DOI: 10.5116/ijme.5eb6.70c6
- Barrett MJ, Kuzma MA, Seto TC, Richards P, Mason D, Barrett DM, Gracely EJ. The power of repetition in mastering cardiac auscultation. *Am J Med.* 2006;119(1):73-75. DOI: 10.1016/j.amjmed.2004.12.036
- Sverdrup Ø, Jensen T, Solheim S, Gjesdal K. Training auscultatory skills: computer simulated heart sounds or additional bedside training? A randomized trial on third-year medical students. *BMC Med Educ.* 2010;10:3. DOI: 10.1186/1472-6920-10-3
- Vukanovic-Criley JM, Boker JR, Creley SR, Rajagopalan S, Criley JM. Using virtual patients to improve cardiac examination competency in medical students. *Clin Cardiol.* 2008;31(7):334-339. DOI: 10.1002/clc.20213

19. Oliveira AC, Mattos S, Coimbra M. Development and Assessment of an E-learning Course on Pediatric Cardiology Basics. *JMIR Med Educ.* 2017;3(1):e10. DOI: 10.2196/mededu.5434
20. 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
21. 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
22. 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. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2016;2016:3019-3022. DOI: 10.1109/EMBC.2016.7591365
23. Pereira D, Amelia-Ferreira M, Cruz-Correia R, Coimbra M. Teaching Cardiopulmonary Auscultation to Medical Students using a Virtual Patient Simulation Technology. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2020;2020:6032-6035. DOI: 10.1109/EMBC44109.2020.9175920
24. de Giovanni D, Roberts T, Norman G. Relative effectiveness of high- versus low-fidelity simulation in learning heart sounds. *Med Educ.* 2009;43(7):661-668. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03398.x
25. Quinn A, Kaminsky J, Adler A, Eisner S, Ovitsh R. Cardiac Auscultation Lab Using a Heart Sounds Auscultation Simulation Manikin. *MedEdPORTAL.* 2019;15:10839. DOI: 10.15766/mep_2374-8265.10839
26. Friederichs H, Weissenstein A, Ligges S, Möller D, Becker JC, Marschall B. Combining simulated patients and simulators: pilot study of hybrid simulation in teaching cardiac auscultation. *Adv Physiol Educ.* 2014;38(4):343-347. DOI: 10.1152/advan.00039.2013
27. Rüllmann N, Lee U, Klein K, Malzkorn B, Mayatepek E, Schneider M, Döing C. Virtual auscultation course for medical students via video chat in times of COVID-19. *GMS J Med Educ.* 2020;37(7):Doc102. DOI: 10.3205/zma001395
28. Lam CS, Cheong PY, Ong BK, Ho KY. Teaching cardiac auscultation without patient contact. *Med Educ.* 2004;38(11):1184-1185. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2004.01989.x
29. Chen CH, Mullen AJ. COVID-19 Can Catalyze the Modernization of Medical Education. *JMIR Med Educ.* 2020;6(1):e19725. DOI: 10.2196/19725
30. Widyahening IS, Findyartini A, Ranakusuma RW, Dewiasty E, Harimurti K. Evaluation of the role of near-peer teaching in critical appraisal skills learning: a randomized crossover trial. *Int J Med Educ.* 2019;10:9-15. DOI: 10.5116/ijme.5c39.b55b
31. Kam J, Khadra S, Tran QH, Ainsworth H, Louie-Johnsun M, Winter M. Portable Video Media Versus Standard Verbal Communication in Surgical Teaching: A Prospective, Multicenter, and Randomized Controlled Crossover Trial. *J Surg Educ.* 2019;76(2):440-445. DOI: 10.1016/j.jsurg.2018.08.013
32. Benè KL, Bergus G. When learners become teachers: a review of peer teaching in medical student education. *Fam Med.* 2014;46(10):783-787.
33. Williams B. Case based learning—a review of the literature: is there scope for this educational paradigm in prehospital education? *Emerg Med J.* 2005;22(8):577-581. DOI: 10.1136/emj.2004.022707
34. Turk B, Ertl S, Wong G, Wadowski PP, Löffler-Stastka H. Does case-based blended-learning expedite the transfer of declarative knowledge to procedural knowledge in practice? *BMC Med Educ.* 2019;19(1):447. DOI: 10.1186/s12909-019-1884-4
35. Fießl HS, Middeke M. Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung. 4th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2014. DOI: 10.1055/b-0034-100129
36. Erdmann E. Klinische Kardiologie. 7th ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2009. DOI: 10.1007/978-3-540-79011-2
37. Bortz J, Christof S. Statistics: For Human and Social Scientists. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2010.
38. Cohen J. Statistical power analysis. London: Taylor & Francis Ltd; 1988.
39. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical power analyses using G*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods.* 2009;41(4):1149-1160. DOI: 10.3758/BRM.41.4.1149
40. Barrett MJ, Lacey CS, Sekara AE, Linden EA, Gracely EJ. Mastering cardiac murmurs: the power of repetition. *Chest.* 2004;126(2):470-475. DOI: 10.1378/chest.126.2.470
41. H'Mida C, Degrenne O, Souissi N, Reiki G, Trabelsi K, Jarraya M, Bragazzi NL, Khacharem A. Learning a Motor Skill from Video and Static Pictures in Physical Education Students-Effects on Technical Performances, Motivation and Cognitive Load. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(23):9067. DOI: 10.3390/ijerph17239067
42. Martin P, Kumar S, Abernathy L, Browne M. Good, bad or indifferent: a longitudinal multi-methods study comparing four modes of training for healthcare professionals in one Australian state. *BMJ Open.* 2018;8(8):e021264. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-021264
43. 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

Korrespondenzadresse:

Carsten Döing
Universitätsklinikum Düsseldorf, Klinik für Allgemeine Pädiatrie, Neonatologie und Kinderkardiologie, Moorenstr. 5, 40225 Düsseldorf, Deutschland
Carsten.Doeing@med.uni-duesseldorf.de

Bitte zitieren als

Rüllmann N, Hirtz R, Lee U, Klein K, Mayatepek E, Malzkorn B, Döing C. Virtual auscultation course via video chat in times of COVID-19 improves cardiac auscultation skills compared to literature self-study in third-year medical students: a prospective randomized controlled cross-over study. *GMS J Med Educ.* 2022;39(2):Doc21. DOI: 10.3205/zma001542, URN: urn:nbn:de:0183-zma0015426

Artikel online frei zugänglich unter

<https://doi.org/10.3205/zma001542>

Eingereicht: 03.06.2021

Überarbeitet: 16.10.2021

Angenommen: 24.01.2022

Veröffentlicht: 14.04.2022

Copyright

©2022 Rüllmann 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/>.