

Basic practical skills teaching and learning in undergraduate medical education – a review on methodological evidence

Abstract

Objective: Practical skills are an essential part of physicians' daily routine. Nevertheless, medical graduates' performance of basic skills is often below the expected level. This review aims to identify and summarize teaching approaches of basic practical skills in undergraduate medical education which provide evidence with respect to effective students' learning of these skills.

Methods: Basic practical skills were defined as basic physical examination skills, routine skills which get better with practice, and skills which are also performed by nurses. We searched PubMed with different terms describing these basic practical skills. In total, 3467 identified publications were screened and 205 articles were eventually reviewed for eligibility.

Results: 43 studies that included at least one basic practical skill, a comparison of two groups of undergraduate medical students and effects on students' performance were analyzed. Seven basic practical skills and 15 different teaching methods could be identified. The most consistent results with respect to effective teaching and acquisition of basic practical skills were found for structured skills training, feedback, and self-directed learning. Simulation was effective with specific teaching methods and in several studies no differences in teaching effects were detected between expert or peer instructors. Multimedia instruction, when used in the right setting, also showed beneficial effects for basic practical skills learning.

Conclusion: A combination of voluntary or obligatory self-study with multimedia applications like video clips in combination with a structured program including the possibility for individual exercise with personal feedback by peers or teachers might provide a good learning opportunity for basic practical skills.

Keywords: basic practical skills, clinical skills, physical examination, skills training, undergraduate medical education

Daniela Vogel¹
Sigrid Harendza¹

¹ Universitätsklinikum
Hamburg-Eppendorf, III.
Medizinische Klinik,
Hamburg, Deutschland

Introduction

During undergraduate medical education knowledge, skills, and attitudes have to be acquired by medical students to provide competent patient care after graduation. The term "skills" often comprises communication skills, physical examination skills, practical skills, psychomotor skills, clinical skills, technical skills and others without further specification. A current approach in health profession education is the development of competence-based undergraduate curricula [56]. In Germany, a National Competence Based Catalogue of Learning Objective for Undergraduate Medical Education (NKLM) came into effect in June 2015 [10]. Many of the competences described in the NKLM include the acquisition of basic practical skills [http://www.nkml.de, accessed 19.9.2015].

Regarding basic practical skills (i.e. accomplishing a task like knot tying or cardiac auscultation) [http://curriculum.racgp.org.au/media/12371/proceduralskills.pdf, accessed 19.9.2015], complaints have been raised by medical stakeholders that medical graduates execute such skills below the expected level of performance [43]. Furthermore, third year undergraduate medical students reported their competence in core clinical skills like rectal examination or insertion of a nasogastric tube on average with 4.7 on a 6-point (1=excellent) Likert scale [11]. On the other hand, different basic clinical skills training programs seem to offer medical students different levels of preparedness with respect to physical diagnostic skills [42], suggesting that some teaching methods for practical skills might result in better performance. An obstacle for teaching practical skills well has been identified in some

teachers' lack of confidence in their own physical examination skills [38].

To develop or remodel an undergraduate medical curriculum with the goal of being competency-based, optimal and effective teaching strategies how to acquire basic practical skills need to be implemented. This review aims to identify and summarize teaching approaches of basic practical skills in undergraduate medical education, which provide evidence with respect to student learning of these skills.

Methods

Basic practical skills

No unanimous term is used in medical education literature to describe basic practical skills. Neither is there a unique definition, which skills can be summarized under basic practical skills. The terms procedural skills, (basic) surgical skills, physical examination skills, (basic) clinical skills, hands-on skills, basic skills, technical skills, elementary techniques, motor skills, (basic) surgical techniques, psychomotor skills, psychomotor task, clinical technical skills, manual tasks, elementary procedures and physical diagnosis, and basic technical procedures are used inconsistently to describe similar or overlapping practical skills including either aspects of physical examination or procedures involving medical instruments, resembling the technical dimension of professional competence by Epstein and Hundert [8].

In 2011, the GMA Committee on Practical Skills published a consensus statement on 289 practical skills in undergraduate medical education [49]. Mastery of the different skills should either be achieved by medical students before starting clerkships, final year training or internship and the different levels of teaching and learning for the individual skill were defined as having watched a teacher while performing the respective skill, having conducted the skill oneself under supervision or being able to use the skill appropriately to the situation by oneself [49]. Based on the highest levels of this classification and excluding communication, emergency, and soft skills, skills included in this review were defined as being basic practical skills when they matched one of the following criteria:

- physical examination skills which every student should be able to perform independently of the intended postgraduate training (e.g. cardiac auscultation),
- simple routine medical skills which get better with practice (e.g. venipuncture),
- practical skills, which are also performed by nurses (e.g. bladder catheterization).

Selection criteria

We wished to identify studies that described

1. teaching methods for any of the basic practical skills described in the definition above and
2. provided evidence that the respective teaching methods showed an effect on students' performance of the respective skill.

Strategy of literature search

Since a clear definition for basic practical skills is lacking, we searched PubMed using the search term "medical education" in combination with either "basic skills", "basic technical procedures", "clinical skills", "clinical technical skills", "hands-on skills", "master learning", "motor skills", "physical examination skills", "practical skills", "procedural skills", "psychomotor skills", "surgical skills", "surgical techniques", or "technical skills" for articles in either English or German published between January 2000 and September 2015. The volumes 2000 to 2010 of the GMS Zeitschrift für Medizinische Ausbildung that are not listed in PubMed were searched individually.

This original compiled search resulted in a total of 3467 publications. For further consideration, only full research articles with undergraduate medical students being the studies' subjects were included; short papers, letters or comments were excluded. In this step all titles and abstracts were screened and only manuscripts including at least one of the desired basic practical skills were included for further screening, resulting in 205 articles. Duplicates were also excluded in this step. These 205 manuscripts were subdivided in the following categories: controlled studies, theoretical advices and reviews, evaluation studies and surveys, pre-post studies, observational studies, and qualitative studies.

Results

Manuscripts matching the different categories are displayed in Figure 1. We identified 43 publications as controlled studies including medical students and at least one basic skill matching the selection criteria, comparing at least two groups and using an assessment to measure skill performance. Table 1 shows the different basic practical skills covered by the 43 publications and specifies their respective teaching or learning methods. The number of papers attributed to a specific teaching or learning method is shown in Table 2.

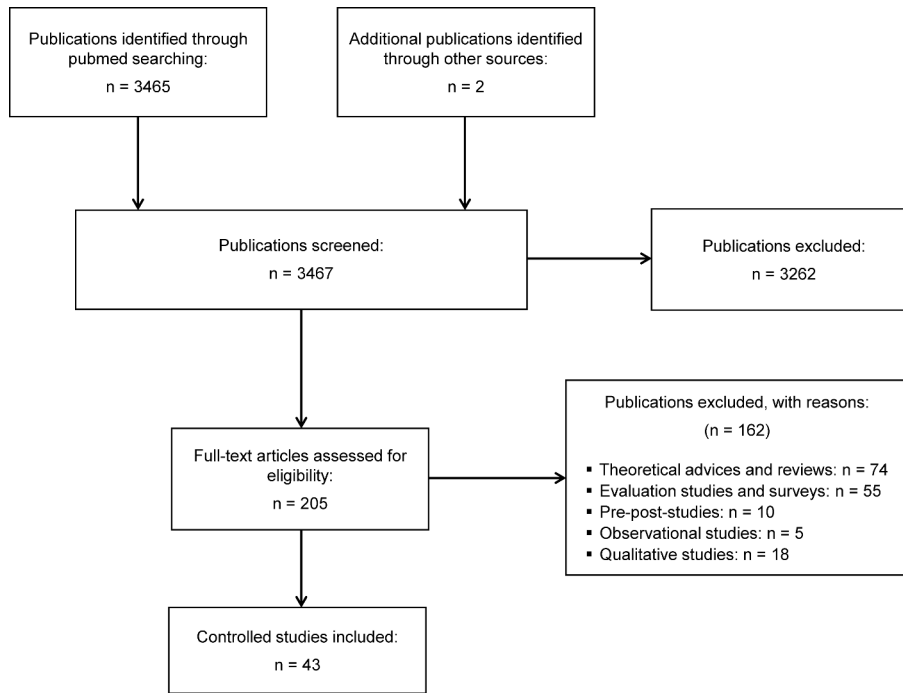


Figure 1: Strategy of literature search and study selection

Table 1: Teaching/learning methods for basic practical skills

Skill	Number of papers	Teaching/learning method
Physical examination	21	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Structured skills training [15,20,33,39,44,50] ▪ Simulation [5,12,22,53] ▪ Different instructors [1,18,39,63,64] ▪ Multimedia-assisted instruction [21,32,52] ▪ Voluntary training [54,62] ▪ Feedback [39] ▪ Observing peers [27] ▪ Reflective writing [54] ▪ Ultrasonography [13]
Suturing	18	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Structured skills training [7,26,28,33] ▪ Multimedia-assisted instruction [9,31,45,46] ▪ Self-guided learning [3,6,31,47] ▪ Feedback [6,9,34,35] ▪ Different instructors [6,23] ▪ Kinesthetic method [17] ▪ Learning goals [3] ▪ Mental imagery [48] ▪ Voluntary training [54]
Cannulation	3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Different instructors [55,59] ▪ Simulation [59] ▪ Sum charts [51]
Venipuncture	1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Different instructors [59] ▪ Simulation [59]
Injection	3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Structured skills training [4,33] ▪ Simulation [4,59] ▪ Different instructors [59]
Bladder catheterization	2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Different instructors [55,58] ▪ Multimedia-assisted instruction [58]
Gastric tube insertion	2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Simulation [30] ▪ Peyton's Four-Step Approach [25]

Table 2: Number of papers identified per teaching/learning method

Teaching/learning method	Number of papers
Structured skills training	10
Different instructors	10
Multimedia-assisted instruction	8
Simulation	7
Feedback	5
Self-guided learning	4
Voluntary training	2
Observing peers	1
Reflective writing	1
Ultrasound	1
Kinesthetic method	1
Learning goals	1
Mental imagery	1
Sum charts	1
Peyton's Four-Step Approach	1

Structured Skills Training

In general, student participation in structured skills training is associated with improved assessment outcomes - with respect to physical examination compared to students just following a clerkship [15] and with respect to injection and suturing skills compared to students not participating in a specific training program [26]. Different types of structured skills training programs have been developed leading to different outcomes with respect to students' performance regarding physical examination skills or suturing. A structured bedside training where attendings received guidelines to demonstrate and observe students doing physical examinations, led to better student performance in half of the OSCE stations covering heart and lung examination [44], while another study with specific weekly bedside instructions in physical examination skills compared with the usual bedside teaching showed better OSCE results for musculoskeletal, pulmonary and gastrointestinal but not for cardiovascular exam [50].

Students being taught physical examination in a clinical coaching program with weekly structured teaching by paid general practitioners showed better OSCE results than students receiving weekly opportunistic teaching by unpaid hospital-based specialists without specific feedback [39]. Training in a skills lab with a set of specific exercises on dummies or paired peers versus standard bedside teaching was associated with better OSCE scores for abdominal examination but not for cardiac auscultation [20]. Another study reporting on an obligatory training program in a skills laboratory where students can practice skills on each other, on models, manikins, and standardized patients, shows better OSCE results for students

participating in this program versus students from a traditional curriculum for lung and heart examination but not for examination of the abdomen and for injection and suturing techniques [33]. With respect to the latter, a specific surgical skills training workshop series demonstrated significant improvement for suturing skills [28], while another study identified the optimal instructor: student ratio to be one instructor for four students [7].

Different instructors

The question, who might be the optimal instructor for clinical skills teaching, is addressed in nine controlled studies. For physical examination skills there is no difference in OSCE results between students taught by peers versus physicians [18], generalists versus specialists [63] or standardized physical examination teaching associates versus faculty [1]. Better OSCE results were reported for students taught by full-time faculty versus part-time faculty [64]. Regarding suturing skills, peer teaching and faculty teaching lead to equal practical test results [6] and there was also no difference between being taught by a non-surgical skills coach versus being taught by a surgeon [23]. For injections skills, peer-teaching lead to similar student skills like faculty teaching [59]. For bladder catheterization, one study showed equal results for students being taught by peers or faculty [55], while another study showed better performance of students being taught by experts [58].

Multimedia-assisted instruction

With respect to multimedia-assisted instruction different aspects of the application of multimedia have been studied. Students who had access to standard video clips for different aspects of physical examination received better OSCE results than a cohort of students studying without being given this learning opportunity [32]. Students who learned with the "click-version" of an interactive program of abdominal exam performed better than students who worked with the "drag-version" of the same program [21]. When cardiac auscultation was learned with a CD-ROM in addition to the usual clinic rotation, auscultation skills significantly improved and this improvement lasted even until one year after the intervention [52]. Concerning suturing skills, self-study with interactive video instruction lead to similar performance than self-study with video and expert instruction [31]. Feedback including the possibility to watch one's own performance on a video was associated with better suturing skills than verbal feedback alone [9]. Working alone with an interactive video on suturing skills was associated with better performance than working in student tandems with the same video [45]. With respect to different kinds of videos teaching suturing performance was best when students were shown videos with the correct task and videos explaining errors [46]. For bladder catheterization, computer-assisted learning was as effective as expert feedback in a simulation setting [58].

Simulation

Students who received training of heart sounds with a high-fidelity simulator (Harvey) did not perform significantly better than students who trained with a low-fidelity simulator (CD) [5]. Students who were given the opportunity to train cardiac examination skills on standardized patients and a cardiac simulator (Harvey) performed significantly better in cardiac skills than a control group, who only worked with standardized patients [22]. Training of abdominal examination with standardized patients lead to better student performance in this examination skill than a lecture alone [12]. Training with a manikin (Laerdal SimMan 3G) resulted in better chest examination skills than performing chest examination on a peer [53]. With respect to gastric-tube insertion, being involved in role-play skills lab sessions did not result in better technical performance of this skill [30]. Simulator skills lab training for cannulation, venipuncture, and injection resulted in better performance of these skills compared to not having received simulator training [59]. Practicing injection skills on a manikin compared to another group who received additional training using a fellow student as surrogate patient did not lead to any differences with respect to the technical performance of an injection [4].

Feedback, self-guided learning and voluntary training

Feedback has been identified as an important method to improve the learning of skills. One of the structured weekly programs for physical examination skills described above included ongoing formative assessment and feedback by the instructors for the students, who eventually showed better OSCE performance [39]. For suturing skills, different aspects of feedback – besides watching a video with one's individual performance [9] – for this specific skill acquisition have been studied. Verbal feedback from an expert that is adapted to the personal situation of the learner was more effective than self-accessed computer generated feedback for suturing performance [34]. Furthermore, real-time feedback with an apparatus measuring the force applied by the learner's hand while tying a knot led to an appropriate decrease of the force needed for this sensitive task compared to a group without this specific feedback [35]. While one study showed that suture training with feedback lead to better suturing skills than self-directed suture training [6], other studies reported that self-guided suturing practice [3] or a self-directed schedule for suturing practice [47] were associated with better suturing skill acquisition and additional expert feedback lead to no further skill improvement [31]. Furthermore, voluntary participation in reflective writing and skills practice [54] and voluntary practice with positively deviant peers [62] led to better clinical skill performance of participating students.

Other teaching/learning methods

Observing peers performing a physical examination was associated with better student performance in an assessment of physical examination skills than just receiving feedback from a patient instructor [27]. Using ultrasonography in learning clinical examination showed some improvement for correct lung and liver palpation but not for thyroid palpation [13]. Being taught knot-tying with the kinesthetic method has led to significant better performance of this task by novices compared to medical students, who watched a traditional video [17]. Furthermore, working with process goals while learning suturing leads to greater skill retention than working with outcome goals [3]. In addition, mental imagery technique appeared to transfer learning better from practice suturing sessions to actual surgical assessment than textbook study [48]. Better cannulation skills could be demonstrated by students using cumulative sum charts to log their cannulation attempts during their final year [51]. When students were taught gastric-tube insertion with Peyton's Four-Step Approach as teaching method they did not differ from their peers, who received standard instruction in terms of correct stepwise performance but scored better in global rating assessing professionalism [25].

Discussion

Many different variables have been identified from controlled studies to influence students' learning of basic practical skills ranging from more global factors like structured skills training, multimedia-assisted instruction or different instructors to specific teaching methods like feedback, mental imagery or Peyton's Four-Step Approach. Besides very heterogeneous teaching methods, the teaching itself was applied in different phases of the undergraduate medical curriculum from first year to final year. Depending on the context of the study the influence of the same variable can lead to different results making it all the more difficult to give comprehensive recommendations which is the best method to teach which basic practical skill. One recommendation that can be given unrestrictedly is, that providing a skills training of any sort seems to lead to better skills learning in undergraduate medical education than just participating in usually unstructured clerkships or bedside teaching [15], [20], [50]. Whether the optimal instructor : student ratio (1:4) that was identified for learning suturing [7] will also be optimal for, e.g. learning cannulation, can still not be answered. Interestingly, when post-graduate year (PGY)-1 residents and graduating PGY-3 residents were compared in an OSCE on basic practical skills, a significant increase in skills was only seen between PGY-1 week 0 and PGY-1 week 4 residents, but not between the latter and PGY-3 residents [60].

When it comes to the question who is supposed to be the instructor for a certain basic skill, the recommendation that the most skilled clinicians should be recruited to

teach physical examination [36] cannot be followed uncontradictedly. Several studies showed that being taught by instructed peers or trained personnel, generalists or specialists, leads to similar skill performance in medical students [1], [6], [18], [23], [59], [63]. However, one study demonstrated that students showed better performance of bladder catheterization after being taught by an expert [58] and students who had been taught by full-time faculty performed better than students who were taught by part-time faculty [64]. With the majority of studies providing evidence that basic practical skills can be taught equally well by educated peers or non-physicians we believe that the recommendation to recruit personnel other than physicians to teach basic practical skills can be given. This recommendation refers merely to the technical part of the teaching which was in the focus of this review. However, a more competence-based approach to undergraduate medical education, which the NKLM aims for, will eventually need the integration of physical examination skills with communication and clinical reasoning, which might require medical experts as role models to teach the students [14].

With respect to practical skills, which are also performed by nurses, injections, bladder catheterization, and gastric tube insertion were learned equally well when taught by peers compared to experienced faculty staff in a skills lab [59]. Meanwhile, 10 medical faculties in Germany have a peer-assisted learning program for gastric tube insertion in their skills lab [2]. On the other hand, these skills could be learned during the three months of nursing practice every undergraduate medical student in Germany has to complete [http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/_appro_2002/gesamt.pdf, accessed 28.9.2015]. However, it can be assumed that nursing practice for medical students is a mix of many unstructured educational events like clerkships which have been identified in a focus group study to provide no real opportunity to train skills [40]. A possible structured learning approach for venipuncture, bladder catheterization etc. could be a multiprofessional program for medical and nursing students which showed a significant increase in self-assessed confidence levels for the taught skill in a pre-post evaluation [57].

In times of tight budgets, the result that a CD-ROM worked as well to learn cardiac auscultation as the much more expensive high-fidelity simulator Harvey [5] seems to be as welcome as the finding that such a CD in addition to a clinic rotation led to better and sustainable auscultation skills [52]. Since all medical faculties in Germany provide skills lab training as part of their undergraduate medical education [2], this might be the place where learning with CDs could be integrated in auscultation exercises. How students should work with multimedia, e.g. in teams or by themselves, might depend on the type of skill they are supposed to learn. For suturing, better performance was observed when students worked individually with an interactive video [45]. For more complex tasks involving competences like clinical reasoning, having worked with a tandem partner on virtual patient cases led to better

results in a knowledge test [19]. Hence, studies on individual work or teamwork with multimedia cannot be generalized. Furthermore, when designing multimedia tools for studying skills great care has to be taken to choose the best application to enhance learning. When students learned with a “drag version” of an interactive program of abdominal exam they performed worse than their peers who had used the simpler “click-version” of the same program [21]. The difference might have been due to possible cognitive overload generated by dragging items on the screen rather than simplifying the task without decontextualizing it to adapt the intrinsic load of learning the specific skill to the developmental state of the learner [61].

Feedback in general and self-directed learning in the sense of organizing one's own schedule, being aware which skill to practice, or participating in clearly defined voluntary exercises have been identified in this review to be beneficial for acquiring different basic practical skills. These findings are in line with the results that – moving away from the ‘see-one-do-one-teach-one’ approach – structured programs support basic skill learning and might solve the complaints that unstructured electives cannot be relied upon to provide students with practical skills learning [41]. Another study among German undergraduate medical students showed, that during electives procedures are often practiced unsupervised and students might acquire incorrect techniques in the absence of feedback [11]. Feedback is recommended in the clinical environment to provide learners with information about their performance for potential improvement and as guidance for students to reassess their attainment of goals [37], which can further support self-directed learning. An additional form of feedback, i.e. observing peers [27], has been found to be associated with better student learning than just the instructor's feedback alone. Last, but not least, very special haptic feedback methods for practical skills like suturing [35] complete the list to underscore the importance of feedback as a teaching method of basic practical skills. Essential for feedback is the direct observation of the student by the instructor which is especially challenging in the current clinical environment and supported by practical tips [16]. However, for certain basic practical skills, peer teachers [6] and non-physician educators [23] seem to serve equally well as substitute instructors.

With respect to applying specific teaching methods for learning basic practical skills, Peyton's Four-Step Approach has been demonstrated to be effective for teaching gastric tube insertion using a manikin [25]. In another study on practicing the placement of a central venous catheter, an advanced practical skill according to the classification used in our review, Peyton's Step 3 – the student explains each sub-step while the teacher follows the student's instruction – was identified to play the most crucial role in contributing to students' learning success [24]. However, Peyton's method of instruction was designed for a 1:1 teaching which does not reflect the typical learning situation. In skills labs, mostly small

group teaching takes place with the ideal instructor : student ratio for teaching suturing skills having been identified to be 1:4 [7]. In a descriptive study on skills lab training for the same advanced practical skill mentioned above, central venous catheter insertion, a modified Peyton's Four-Step Approach for small group teaching was described as being well accepted by students and easy for instructors to realize [29]. Whether this approach works equally well for basic practical skills and leads to similar or improved learning has not been described yet. One limitations of our study is that many different search terms had to be used because "basic practical skills" as they were defined for our study are included in several other terms in the medical education literature and the list of search terms might still not have been complete. The focus of our review was on trying to summarize the evidence for how to teach basic practical skills in undergraduate medical education with the best effects. Hence, we only chose controlled studies which is a strength of our study. A weakness is, however, that we neglected to appraise the quality of the individual studies included in this review. Furthermore, despite individual assessment of all included papers by both authors, we might have been subject to errors during the data extraction and analysis and there also might have been a risk of reporting biases. Since the main focus of our study was on evidence-based teaching and learning methods in undergraduate medical education, we did not take influences of cognitive psychology and training of instructors into account as suggested influences were only found in manuscripts having been assigned to other categories. In addition, effective teaching methods of teaching skills might also be extracted from studies in postgraduate medical education or from studies on teaching more complex practical skills which were not in the focus of this study.

In conclusion, our findings suggest that voluntary or obligatory self-study with multimedia applications like video clips of certain skills in combination with a structured program including the possibility for individual exercise with personal feedback by peers or teachers seems to provide a good learning opportunity for basic practical skills. Whether the combination of these different aspects of teaching which individually improve basic practical skills' learning will lead to similar effects needs to be evaluated by further educational research.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interest.

References

- Barley GE, Fisher J, Dwinnell B, White K. Teaching Foundational Physical Examination Skills: Study Results Comparing Lay Teaching Associates and Physician Instructors. *Acad Med.* 2006;81(10):95-97. DOI: 10.1097/00001888-200610001-00024
- Blohm M, Lauter J, Branchereau S, Krautter M, Köhl-Hackert N, Jünger J, Herzog W, Nikendei C. Peer-assisted learning" (PAL) in the Skills-Lab – an inventory at the medical faculties of the Federal Republic of Germany. *GMS Z Med Ausbild.* 2015;32(1):Doc10. DOI: 10.3205/zma000952
- Brydges R, Carnahan H, Safir O, Dubrowski A. How effective is self-guided learning of clinical technical skills? It's all about process. *Med Educ.* 2009;43(6):507-515. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03329.x
- Chunharas A, Hetrakul P, Boonyobol R, Udomkitti T, Tassanapitikul T, Wattanasirichaigoon D. Medical students themselves as surrogate patients increased satisfaction, confidence, and performance in practicing injection skill. *Med Teach.* 2013;35(4):308-313. DOI: 10.3109/0142159X.2012.746453
- 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
- Denadai R, Toledo AP, Oshiiwa M, Saad-Hossne R. Acquisition of suture skills during medical graduation by instructor-directed training: a randomized controlled study comparing senior medical students and faculty surgeons. *Updates Surg.* 2013;65(2):131-140. DOI: 10.1007/s13304-013-0199-y
- Dubrowski A, MacRae H. Randomised, controlled study investigating the optimal instructor: student ratios for teaching suturing skills. *Med Educ.* 2006;40(1):59-63. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2005.02347.x
- Epstein RM, Hundert EM. Defining and assessing professional competence. *JAMA.* 2002;287(2):226-235. DOI: 10.1001/jama.287.2.226
- Farquharson AL, Cresswell AC, Beard JD, Chan P. Randomized trial of the effect of video feedback on the acquisition of surgical skills. *Br J Surg.* 2013;100(11):1448-1453. DOI: 10.1002/bjs.9237
- Fischer MR, Bauer D, Mohn K, NKLK-Projektgruppe. Finally finished! National Competence Based Catalogues of Learning Objectives for Undergraduate Medical Education (NKLK) and Dental Education (NKLZ) ready for trial. *GMS Z Med Ausbild.* 2015;32(3):Doc35. DOI: 10.3205/zma000977
- Fischer T, Chenot JF, Simmenroth-Nayda A, Heinemann S, Kochen MM, Himmel W. Learning core clinical skills – a survey at 3 time points during medical education. *Med Teach.* 2007;29(3):397-399. DOI: 10.1080/01421590701316563
- Fletcher KE, Stern DT, White C, Gruppen LD, Oh MS, Cimmino VM. The Physical Examination of Patients With Abdominal Pain: The Long-Term Effect Of Adding Standardized Patients and Small-Group Feedback to a Lecture Presentation. *Teach Learn Med.* 2004;16(2):171-174. DOI: 10.1207/s15328015tlm1602_9
- Fodor D, Badea R, Poanta L, Dumitrascu DL, Buzoianu AD, Mircea PA. The use of ultrasonography in learning clinical examination – a pilot study involving third year medical students. *Med Ultrason.* 2012;14(3):177-181. DOI: 10.11152/mu.2013.2066.143.df177
- Goldstein EA, Maclaren CF, Smith S, Mengert TJ, Maestas RR, Foy HM, Wenrich MD, Ramsey PG. Promoting fundamental clinical skills: a competency-based college approach at the University of Washington. *Acad Med.* 2005;80(5):423-433. DOI: 10.1097/00001888-200505000-00003
- Güldal D, Özçakar N, Yeniçeri N, Dontlu C, Ulusel B. Comparison of Clinical Skills of 3rd-Year Students Who Completed Structured Clinical Skills Program With 6th-Year Students Who Acquired Clinical Skills in Unsystematic Way. *Teach Learn Med.* 2005;17(1):21-26. DOI: 10.1207/s15328015tlm1701_5

16. Hauer KE, Holmboe ES, Kogan JR. Twelve tips for implementing tools for direct observation of medical trainees' clinical skills during patient encounters. *Med Teach*. 2011;33(1):27-33. DOI: 10.3109/0142159X.2010.507710
17. Huang E, Chern H, O'Sullivan P, Cook B, McDonald E, Palmer B, Liu T, Kim E. A better way to teach knot tying: a randomized controlled trial comparing the kinesthetic and traditional methods. *Am J Surg*. 2014;208(4):690-694. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2014.05.028
18. Hudson JN, Tonkin AL. Clinical skills education: outcomes of relationships between junior medical students, senior peers and simulated patients. *Med Educ*. 2008;42(9):901-908. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2008.03107.x
19. Jäger F, Riemer M, Abendroth M, Sehnder S, Harendza S. Virtual patients: the influence of case design and teamwork on students' perception and knowledge – a pilot study. *BMC Med Educ*. 2014;14:137. DOI: 10.1186/1472-6920-14-137
20. Jünger J, Schäfer S, Roth C, Schellberg D, Ben-David M, Nikendei C. Effects of basic clinical skills training on objective structured clinical examination performance. *Med Educ*. 2005;39(10):1015-1020. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2005.02266.x
21. Kalet A, Song HS, Sarpel US, Schwartz R, Brenner J, Ark TK, Plass J. Just enough, but not too much interactivity leads to better clinical skills performance after a computer assisted learning module. *Med Teach*. 2012;34(10):833-839. DOI: 10.3109/0142159X.2012.706727
22. Kern DH, Mainous III AG, Carey, 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
23. Kim MJ, Boehler ML, Ketchum JK, Bueno R, Williams RG, Dunnington GL. Skills coaches as part of the educational team: A randomized controlled trial of teaching of a basic surgical skill in the laboratory setting. *Am J Surg*. 2010; 99(1):94-98. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2009.08.016
24. Krautter M, Dittrich R, Safi A, Krautter J, Maatouk I, Moeltner A, Herzog W, Nikendei C. Peyton's four-step approach: differential effects of single instructional steps on procedural and memory performance – a clarification study. *Adv Med Educ Pract*. 2015;6:399-406. DOI: 10.2147/AMEP.S81923
25. Krautter M, Weyrich P, Schultz JH, Buss SJ, Maatouk I, Jünger J, Nikendei C. Effects of Peyton's Four-Step Approach on Objective Performance Measures in Technical Skills Training: A Controlled Trial. *Teach Learn Med*. 2011;23(3):244-250. DOI: 10.1080/10401334.2011.586917
26. Liddell MJ, Davidson SK, Taub H, Whitecross LE. Evaluation of procedural skills training in an undergraduate curriculum. *Med Educ*. 2002;36(11):1035-1041. DOI: 10.1046/j.1365-2923.2002.01306.x
27. Martineau B, Mamede S, St-Onge C, Rikers RM, Schmidt HG. To observe or not to observe peers when learning physical examination skills; that is the question. *BMC Med Educ*. 2013;13:55. DOI: 10.1186/1472-6920-13-55
28. Morris M, Caskey R, Mitchell M, Sawaya D. Surgical skills training restructured for the 21st century. *J Surg Res*. 2012;177(1):33-36. DOI: 10.1016/j.jss.2012.03.060
29. Nikendei C, Huber J, Stiepak J, Huhn D, Lauter J, Herzog W, Jünger J, Krautter M. Modification of Peyton's four-step approach for small group teaching – a descriptive study. *BMC Med Educ*. 2014;14:68. DOI: 10.1186/1472-6920-14-68
30. Nikendei C, Kraus B, Schrauth M, Weyrich P, Zipfel S, Herzog W, Jünger J. Integration of role-playing into technical skills training: a randomized controlled trial. *Med Teach*. 2007;29(9):956-960. DOI: 10.1080/01421590701601543
31. Nousiainen M, Brydges R, Backstein D, Dubrowski A. Comparison of expert instruction and computer-based video training in teaching fundamental surgical skills to medical students. *Surg*. 2008;143(4):539-544. DOI: 10.1016/j.surg.2007.10.022
32. Orientale E, Kosowicz L, Alerte A, Pfeiffer C, Harrington C, Palley J, Brown S, Sapieha-Yanchak T. Using Web-based Video to Enhance Physical Examination Skills in Medical Students. *Fam Med*. 2008;40(7):471-476.
33. Peeraer G, Scherpier AJJA, Remmen R, De winter BY, Hendrickx K, van Petegem P, Weyler J, Bossaert L. Clinical Skills Training in a Skills Lab Compared with Skills Training in Internships: Comparison of Skills Development Curricula. *Educ Health (Abingdon)*. 2007;20(3):1-9.
34. Porte MC, Xeroulis G, Reznick RK, Dubrowski A. Verbal feedback from an expert is more effective than self-accessed feedback about motion efficiency in learning new surgical skills. *Am J Surg*. 2007;193(1):105-110. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2006.03.016
35. Rafiq A, Tamariz F, Boanca C, Lavrentyev V, Merrell RC. Objective Assessment of Training Surgical Skills Using Simulated Tissue Interface with Real-Time Feedback. *J Surg Educ*. 2008;65(4):270-274. DOI: 10.1016/j.jsurg.2008.05.012
36. Ramani S. Twelve tips for excellent physical examination teaching. *Med Teach*. 2008;30(9-10):851-856. DOI: 10.1080/01421590802206747
37. Ramani S, Leinster S. AMEE Guide no. 34: Teaching in the clinical environment. *Med Teach*. 2008;30(4):347-364. DOI: 10.1080/01421590802061613
38. Ramani S, Orlander JD, Strunin L, Barber TW. Whither bedside teaching? A focus-group study of clinical teachers. *Acad Med*. 2003;78(4):384-390. DOI: 10.1097/00001888-200304000-00014
39. Régo P, Peterson R, Callaway L, Ward M, O'Brien C, Donald K. Using a structured clinical coaching program to improve clinical skills training and assessment, as well as teachers' and students' satisfaction. *Med Teach*. 2009;31(12):e586-e595. DOI: 10.3109/01421590903193588
40. Remmen R, Denekens J, Scherpier AJ, van der Vleuten CP, Hermann I, van Puymbroeck H, Bossaert L. Evaluation of skills training during clerkships using student focus groups. *Med Teach*. 1998;20(5):428-432. DOI: 10.1080/01421599880517
41. Remmen R, Derese A, Scherpier A, Denekens J, Hermann I, van der Vleuten C, Van Royen P, Bossaert L. Can medical schools rely on clerkships to train students in basic clinical skills? *Med Educ*. 1999;33(8):600-605. DOI: 10.1046/j.1365-2923.1999.00467.x
42. Remmen R, Scherpier A, van der Vleuten C, Denekens J, Derese A, Hermann I, Hoogenboom R, Kramer A, Van Rossum H, Van Royen P, Bossaert L. Effectiveness of basic clinical skills training programmes: a cross-sectional comparison of four medical schools. *Med Educ*. 2001;35(2):121-128.
43. Ringsted C, Schroeder TV, Henriksen J, Ramsing B, Lyngdorf P, Jønsson V, Scherpier A. Medical students' experience in practical skills is far from stakeholders' expectations. *Med Teach*. 2001;23(4):412-416. DOI: 10.1080/01421590120043017
44. Roberts L, Lu WH, Go RA, Daroowalla F. Effect of Bedside Physical Diagnosis Training on Third-Year Medical Students' Physical Exam Skills. *Teach Learn Med*. 2014;26(1):81-85. DOI: 10.1080/10401334.2013.857329
45. Rogers DA, Regehr G, Gelula M, Yeh KA, Howdieshell TR, Webb, W. Peer Teaching and Computer-Assisted Learning: An Effective Combination for Surgical Skill Training? *J Surg Res*. 2000;92(1):53-55. DOI: 10.1006/jsre.2000.5844
46. Rogers DA, Regehr G, MacDonald J. A role for error training in surgical technical skill instruction and evaluation. *Am J Surg*. 2002;183(3):242-245. DOI: 10.1016/S0002-9610(02)00798-5

47. Safir O, Williams CK, Dubrowski A, Backstein D, Carnahan H. Self-directed practice schedule enhances learning of suturing skills. *Can J Surg*. 2013;56(6):E142-147. DOI: 10.1503/cjs.019512
48. Sanders CW, Sadoski M, van Walsum K, Bramson R, Wiprud R, Fossum TW. Learning basic surgical skills with mental imagery: using the simulation centre in the mind. *Med Educ*. 2008;42(6):607-612. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2007.02964.x
49. Schnabel KP, Boldt PD, Breuer G, Fichtner A, Karsten G, Kujumdshiev S, Schmidts M, Stosch C. A consensus statement on practical skills in medical school – a position paper by the GMA Committee on Practical Skills. *GMS Z Med Ausbild*. 2011;28(4):Doc58. DOI: 10.3205/zma000770
50. Smith MA, Burton WB, Mackay M. Development, impact, and measurement of enhanced physical diagnosis skills. *Adv in Health Sci Educ*. 2009;14(4):547-556. DOI: 10.1007/s10459-008-9137-z
51. Smith SE, Tallentire VR, Spiller J, Wood SM, Cameron HS. The educational value of using cumulative sum charts. *Anaesthesia*. 2012;67(7):734-740. DOI: 10.1111/j.1365-2044.2012.07100.x
52. Stern DT, Mangrulkar, RS, Gruppen LD, Lang AL, Grum CM, Judge RD. Using a Multimedia Tool to Improve Cardiac Auscultation Knowledge and Skills. *J Gen Intern Med*. 2001;16(11):763-769. DOI: 10.1111/j.1525-1497.2001.10347.x
53. Swamy M, Bloomfield TC, Thomas RH, Singh H, Searle RF. Role of SimMan in teaching clinical skills to preclinical medical students. *BMC Med Educ*. 2013;13:20. DOI: 10.1186/1472-6920-13-20
54. Tagawa M, Imanaka H. Reflection and selfdirected and group learning improve OSCE scores. *Clin Teach*. 2010;7(4):266–270. DOI: 10.1111/j.1743-498X.2010.00377.x
55. Tolsgaard MG, Gustafsson A, Rasmussen MB, Høiby P, Müller CG, Ringsted C. Student teachers can be as good as associate professors in teaching clinical skills. *Med Teach*. 2007;29(6):553-537. DOI: 10.1080/01421590701682550
56. Tse AM, Iwashiki LK, King CA, Harrigan RC. A collaborative approach to developing a validated competence-based curriculum for health profession students. *Educ Health (Abingdon)*. 2006;19(3):331-344.
57. Tucker K, Wakefield A, Boggis C, Lawson M, Roberts T, Gooch J. Learning together: clinical skills teaching for medical and nursing students. *Med Educ*. 2003;37(7):630-637. DOI: 10.1046/j.1365-2923.2003.01558.x
58. Walsh CM, Rose DN, Dubrowski A, Ling SC, Grierson LE, Backstein D, Carnahan H. Learning in the Simulated Setting: A Comparison of Expert-, Peer-, and Computer-Assisted Learning. *Acad Med*. 2011;86(10 Suppl):12-16. DOI: 10.1097/ACM.0b013e31822a72c7
59. 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
60. Willett LL, Estrada CA, Castiglioni A, Massie FS, Heudebert GR, Jennings MS, Centor RM. Does residency training improve performance of physical examination skills? *Am J Med Sci*. 2007;333(2):74-77. DOI: 10.1097/00000441-200702000-00002
61. Young JQ, Van Marrienboer J, Durning S, Ten Cate O. Cognitive Load Theory: implications for medical education. *AMEE Guide No. 86*. *Med Teach*. 2014;36(5):371-384. DOI: 10.3109/0142159X.2014.889290
62. Zaidi Z, Jaffery T, Shahid A, Moin S, Gilani A, Burdick W. Change in action: using positive deviance to improve student clinical performance. *Adv in Health Sci Educ*. 2012;17(1):95-105. DOI: 10.1007/s10459-011-9301-8
63. Zakowski LJ, Seibert C, VanEyck S, Skochelak S, Dottl S, Albanese M. Can Specialists and Generalists Teach Clinical Skills to Second-year Medical Students with Equal Effectiveness? *Acad Med*. 2002;77(10):1030-1033. DOI: 10.1097/00001888-200210000-00019
64. Zeng J, Zuo C, Wang Y. A Controlled Trial to Compare the Teaching Quality of Clinical-Skills Training Faculty: The Clinician-Educator Career Path in China. *Teach Learn Med*. 2014;26(2):146-152. DOI: 10.1080/10401334.2014.892393

Corresponding author:

Prof. Dr. Sigrid Harendza, MME (Bern)
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, III. Medizinische
Klinik, Martinistraße 52, D-20246 Hamburg, Deutschland,
Tel. +49 (0)40/7410-5390, Fax: +49 (0)40/7410-40218
harendza@uke.de

Please cite as

Vogel D, Harendza S. Basic practical skills teaching and learning in undergraduate medical education – a review on methodological evidence. *GMS J Med Educ*. 2016;33(4):Doc64. DOI: 10.3205/zma001063, URN: urn:nbn:de:0183-zma0010637

This article is freely available from

<http://www.egms.de/en/journals/zma/2016-33/zma001063.shtml>

Received: 2015-10-30

Revised: 2016-01-04

Accepted: 2016-05-09

Published: 2016-08-15

Copyright

©2016 Vogel 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/>.

Lehren und Lernen praktischer Fertigkeiten im Medizinstudium – ein Review zur methodischen Evidenz

Zusammenfassung

Zielsetzung: Praktische Fertigkeiten sind ein wesentlicher Bestandteil des ärztlichen Arbeitsalltags. Dennoch liegt die Leistung von Absolventen eines Medizinstudiums bei der Durchführung praktischer Basisfertigkeiten häufig unter den erwarteten Anforderungen. Diese Übersichtsarbeit verfolgt daher das Ziel, Lehrmethoden für medizinische Basisfertigkeiten im Medizinstudium zu identifizieren und zusammenzufassen, die einen evidenzbasierten Nachweis für das effektive studentische Lernen dieser Fertigkeiten erbringen.

Methoden: Praktische Basisfertigkeiten wurden als Basisfertigkeiten der körperlichen Untersuchung, Routinefertigkeiten, die im Laufe der Praxis besser werden, und als Fertigkeiten, die auch vom Pflegepersonal übernommen werden, definiert. PubMed wurde mit verschiedenen Begriffen durchsucht, die diese praktischen Basisfertigkeiten beschreiben. Insgesamt wurden 3467 identifizierte Publikationen gesichtet und 205 wurden schließlich auf ihre Eignung geprüft.

Ergebnisse: 43 Studien, die mindestens eine praktische Basisfertigkeit, einen Vergleich zweier Gruppen von Medizinstudierenden und Wirkungen auf die studentische Leistung beinhalteten, wurden analysiert. Sieben praktische Basisfertigkeiten und 15 verschiedene Lehrmethoden konnten identifiziert werden. Die konsistentesten Ergebnisse in Bezug auf effektive Lehre und den Erwerb von praktischen Basisfertigkeiten wurden für strukturiertes Fertigkeitentraining, Feedback und selbstgesteuertes Lernen gefunden. Simulation war mit spezifischen Lehrmethoden wirksam und in mehreren Studien fanden sich keine Unterschiede in Bezug auf Lehreffekte zwischen Experten oder Peers als Lehrende. Multimedia-gestützte Instruktion zeigte bei Anwendung in geeignetem Rahmen ebenfalls positive Effekte für das Erlernen praktischer Basisfertigkeiten.

Fazit: Eine Kombination von freiwilligem oder obligatorischem Selbststudium mit Multimedia-gestützten Anwendungen wie Video-Clips in Kombination mit einem strukturierten Programm, das die Möglichkeit für individuelle Übungen mit persönlichem Feedback von Peers oder Lehrenden beinhaltet, könnte eine gute Möglichkeit für das Erlernen praktischer Basisfertigkeiten bieten.

Schlüsselwörter: Praktische Basisfertigkeiten, klinische Fertigkeiten, körperliche Untersuchung, Fertigkeitentraining, Medizinstudium

Einleitung

Während des Medizinstudiums müssen von den Studierenden Kenntnisse, Fertigkeiten und Haltungen erworben werden, um nach Studienabschluss eine kompetente Patientenversorgung gewährleisten zu können. Der Begriff der "Fertigkeiten" umfasst dabei häufig Kommunikationsfähigkeiten, Fertigkeiten der körperlichen Untersuchung, praktische Fertigkeiten, psychomotorische Fertigkeiten, klinische Fähigkeiten, technische Fertigkeiten sowie andere Fähig- und Fertigkeiten ohne weitere Spezifizierung.

Ein aktueller Ansatz der Ausbildung in den Gesundheitsberufen ist die Entwicklung kompetenzbasierter Studiengänge [56]. In Deutschland trat im Juni 2015 der Nationale Kompetenzbasierte Lernzielkatalog Medizin (NKLM) in Kraft [10]. Viele der im NKLM beschriebenen Kompetenzen beinhalten den Erwerb praktischer Basisfertigkeiten [<http://www.nklm.de>, abgerufen am 19.9.2015]. In Bezug auf praktische Basisfertigkeiten (z.B. Knotenbinden oder Herzauskultation) [<http://curriculum.racgp.org.au/media/12371/proceduralskills.pdf> abgerufen am 19.9.2015] wurden Beschwerden des medizinischen Personals laut, dass die Studierenden die entsprechenden Fertigkeiten unter dem erwarteten Anforderungsni-

Daniela Vogel¹
Sigrid Harendza¹

¹ Universitätsklinikum
Hamburg-Eppendorf, III.
Medizinische Klinik,
Hamburg, Deutschland

veau durchführen [43]. Außerdem schätzen Medizinstudierende des dritten Studienjahrs ihre klinischen Kernkompetenzen wie rektale Untersuchung oder das Legen einer Magensonde im Durchschnitt mit 4,7 auf einer 6-Punkt-Likert-Skala (1=sehr gut) ein [11]. Auf der anderen Seite scheinen verschiedene Trainingsprogramme für klinische Basisfertigkeiten die Studierenden mit unterschiedlichem Niveau auf ihre Fertigkeiten in klinischer Untersuchung vorzubereiten [42], was darauf hindeutet, dass einige Lehrmethoden für praktische Fertigkeiten zu besserer Ausübung dieser Fertigkeiten befähigen könnten. Fehlendes Vertrauen der Lehrperson in die eigenen Fertigkeiten der körperlichen Untersuchung wurde als Hindernis für das Unterrichten praktischer Fertigkeiten identifiziert [38].

Für die Entwicklung oder Umgestaltung eines Medizinstudiums in Richtung Kompetenzorientierung müssen optimale und effektive Lehrstrategien zum Erwerb praktischer Basisfertigkeiten implementiert werden. Ziel dieses Reviews ist es daher, Lehrstrategien für praktische Basisfertigkeiten im Medizinstudium zu identifizieren und zusammenzufassen, die Nachweise für das studentische Erlernen dieser Fertigkeiten erbringen.

Methoden

Praktische Basisfertigkeiten

In der Literatur zur medizinischen Ausbildung wird kein einheitlicher Begriff verwendet, um praktische Basisfertigkeiten zu beschreiben. Auch gibt es keine einheitliche Definition, welche Fertigkeiten unter dem Begriff praktische Basisfertigkeiten zusammengefasst werden können. Die Begriffe prozesstechnische Fertigkeiten, chirurgische (Basis-)Fertigkeiten, Fertigkeiten der körperlichen Untersuchung, klinische (Basis-)Fertigkeiten, praktische Fertigkeiten, Basisfertigkeiten, technische Fertigkeiten, grundlegende Techniken, motorische Fertigkeiten, chirurgische (Basis-)Techniken, psychomotorische Fertigkeiten, klinisch-technische Fertigkeiten, manuelle Aufgaben, grundlegende Prozeduren und körperliche Diagnostik sowie technische (Basis-)Prozeduren werden zur Beschreibung ähnlicher oder überlappender praktischer Fertigkeiten inkonsistent verwendet, wobei entweder Aspekte der körperlichen Untersuchung oder Prozeduren unter Verwendung medizinischer Instrumente eingeschlossen werden, die der technischen Dimension der professionellen Kompetenzdefinition von Epstein und Hundert [8] ähneln.

Im Jahr 2011 veröffentlichte der GMA Ausschuss für praktische Fertigkeiten ein Konsensusstatement über 289 unterschiedliche praktische Fertigkeiten im Medizinstudium [49]. Das Beherrschen der verschiedenen Fertigkeiten sollte von Medizinstudierenden entweder vor der ersten Famulatur, dem Praktischen Jahr (PJ) oder dem Beginn der ärztlichen Weiterbildung erreicht sein und die verschiedenen Lehr- und Lernstufen der einzelnen Fertigkeiten wurden dabei definiert als: einen Dozierenden bei

der Durchführung der jeweiligen Fertigkeit beobachtet zu haben, die Fertigkeit unter Aufsicht selbst durchgeführt zu haben oder die Fertigkeit selbst situationsadäquat einsetzen zu können [49]. Basierend auf der höchsten Ebene dieser Klassifikation und unter Ausschluss der Bereiche Kommunikation, Notfälle und soziale Fähigkeiten wurden die in diese Übersichtsarbeit eingeschlossenen Fertigkeiten als praktische Basisfertigkeiten definiert, wenn sie eines der folgenden Kriterien erfüllten:

- körperliche Untersuchungstechniken, die jeder Studierende unabhängig von der angestrebten Facharztweiterbildung durchführen können sollte (z.B. Herzauskultation),
- einfache medizinische Routinefertigkeiten, die mit Übung besser werden (z.B. Blutabnahme),
- praktische Fertigkeiten, die auch von Pflegekräften durchgeführt werden (z.B. Blasenkatheterisieren).

Auswahlkriterien

Ziel war es, Studien zu identifizieren, die

1. Lehrmethoden für irgendeine der oben beschriebenen praktischen Basisfertigkeiten beinhalteten und
2. Nachweise erbrachten, dass die entsprechende Lehrmethode einen Effekt auf das Ausführen der jeweiligen Fertigkeit durch die Studierenden hatte.

Strategie der Literatursuche

Da eine klare Definition für praktische Basisfertigkeiten fehlt, wurde PubMed mit dem Begriff "medical education" jeweils in Verbindung mit einem der folgenden Einzelbegriffe nach englisch- oder deutschsprachigen Artikeln, welche zwischen Januar 2000 und September 2015 veröffentlicht wurden, durchsucht: "basic skills", "basic technical procedures", "clinical skills", "clinical technical skills", "hands-on skills", "master learning", "motor skills", "physical examination skills", "practical skills", "procedural skills", "psychomotor skills", "surgical skills", "surgical techniques", oder "technical skills". Die Ausgaben der GMS Zeitschrift für Medizinische Ausbildung von 2000 bis 2010, die nicht in PubMed aufgeführt sind, wurden einzeln durchsucht.

Diese ursprüngliche zusammengestellte Suche ergab insgesamt 3467 Publikationen. Für die weitere Betrachtung wurden nur vollständige Originalarbeiten, die sich direkt auf Medizinstudierende als Studienteilnehmende beziehen, eingeschlossen; Kurzaufsätze, Briefe oder Kommentare wurden ausgeschlossen. In diesem Schritt wurden alle Überschriften und Zusammenfassungen durchsucht und nur die Manuskripte, die mindestens eine der gewünschten praktischen Basisfertigkeiten beinhalteten, wurden für eine weitere Durchsicht ausgewählt, was zu insgesamt 205 Artikeln führte. Auch Dopplungen wurden in diesem Schritt ausgeschlossen. Die 205 Manuskripte wurden in die folgenden Kategorien unterteilt: kontrollierte Studien, theoriebasierte Empfehlungen und Übersichtsarbeiten, Evaluationsstudien und Umfragen, Vorher-

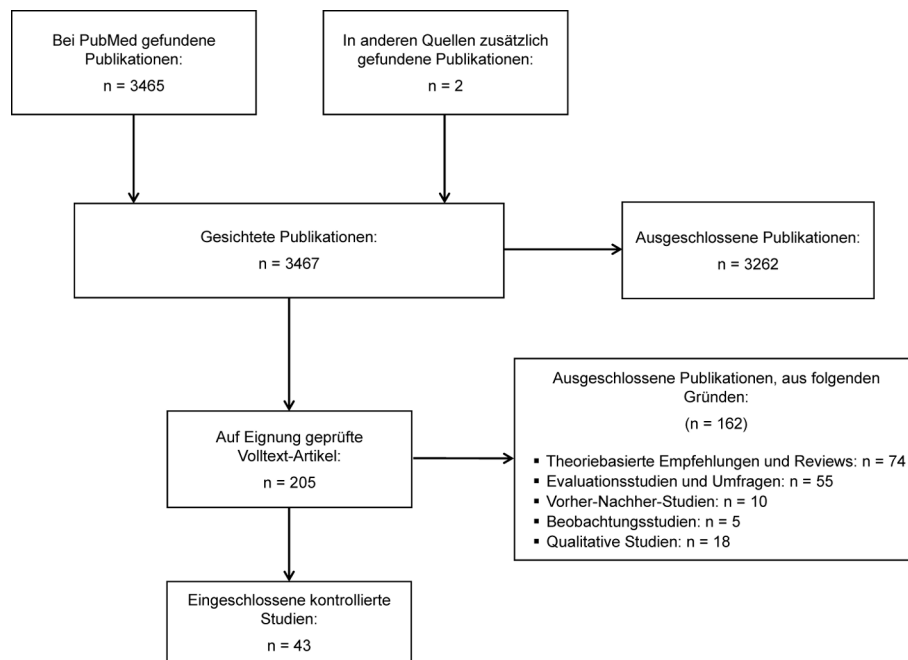


Abbildung 1: Strategie der Literatursuche und Studienauswahl

Nachher-Studien, Beobachtungsstudien und qualitative Studien.

Ergebnisse

Zu den verschiedenen Kategorien passende Manuskripte sind in Abb. 1 dargestellt. Es wurden, passend zu den Auswahlkriterien, 43 Publikationen mit Medizinstudierenden und mindestens einer Basisfertigkeit als kontrollierte Studien identifiziert, die mindestens zwei Gruppen und ein Prüfungsformat beinhalteten, um die Ausführung der Fertigkeit zu messen. Tabelle 1 zeigt die verschiedenen praktischen Basisfertigkeiten, die von den 43 Publikationen abgedeckt werden, und spezifiziert ihre entsprechenden Lehr- oder Lernmethoden. Wie viele Artikel einer spezifischen Lehr- oder Lernmethode zugeordnet werden können, ist in Tab. 2 dargestellt.

Strukturiertes Fertigkeitentraining

Im Allgemeinen geht eine studentische Teilnahme an einem strukturierten Fertigkeitentraining mit verbesserten Prüfungsergebnissen einher - bezogen auf körperliche Untersuchungstechniken im Vergleich mit Studierenden, die einfach eine Famulatur durchlaufen [15] und bezogen auf Injektions- und Nähetechniken im Vergleich zu Studierenden, die nicht an einem spezifischen Trainingsprogramm teilnehmen [26]. Es wurden verschiedene Arten von strukturierten Trainingsprogrammen entwickelt, die zu unterschiedlichen Ergebnissen in der studentischen Leistung in Bezug auf körperliche Untersuchungstechniken und Nähfertigkeiten führten. Strukturierter Unterricht am Krankenbett, für den Ärzte Anleitungen erhielten, wie sie Studierenden körperliche Untersuchungstechniken zeigen und die Studierenden bei der Durchführung ent-

sprechend beobachten können, führte zu besseren Ergebnissen bei der Hälfte der OSCE-Herz- und Lungen-Stationen [44]. Hingegen zeigte eine andere Studie mit spezifischen wöchentlichen Instruktionen zu körperlichen Untersuchungstechniken am Krankenbett im Vergleich zum üblichen Unterricht am Krankenbett bei den Studierenden bessere OSCE-Ergebnisse für die muskuloskeletalen, pulmonalen und gastrointestinalen Prüfungsstationen, aber nicht für die kardiovaskulären Prüfungsstationen [50].

Studierende, die in körperlichen Untersuchungstechniken durch bezahlte Allgemeinmediziner in einem strukturierten wöchentlichen klinischen Coachingprogramm unterrichtet wurden, wiesen bessere OSCE-Ergebnisse auf als Studierende, die an einem zweckmäßig angepassten wöchentlichen Unterricht durch unbezahlte Krankenhausfachärzte ohne spezifisches Feedback teilnahmen [39]. Training in einem Skills-Lab mit spezifischen Untersuchungen an einem Satz von Modellen oder mit paarweisen Peers im Vergleich zum Standardunterricht am Krankenbett war mit besseren OSCE-Ergebnissen bei der Abdomenuntersuchung, aber nicht bei der Herzauskultation assoziiert [20]. Eine weitere Studie berichtete über bessere OSCE-Ergebnisse bei der Lungen- und Herzuntersuchung, nicht aber bei der Abdomenuntersuchung sowie bei Injektions- und Nähetechniken, von Studierenden, die an einem im Curriculum obligatorisch verankerten Trainingsprogramm in einem Skills Lab teilgenommen hatten, bei dem Studierende die Fertigkeiten gegenseitig, an Modellen, Puppen und standardisierten Patienten üben können, im Gegensatz zu Studierenden eines traditionellen Curriculums [33]. In Bezug auf die oben genannten chirurgischen Techniken konnte eine Serie von Trainingsworkshops für spezifische chirurgische Fertigkeiten eine signifikante Verbesserung von Nähfertigkeiten demonstrieren [28], während eine andere Studie das optimale

Tabelle 1: Lehr-/Lernmethoden für praktische Basisfertigkeiten

Fertigkeit	Anzahl der Artikel	Lehr-/Lernmethode
Körperliche Untersuchung	21	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Strukturiertes Fertigkeitentraining [15,20,33,39,44,50] ▪ Simulation [5,12,22,53] ▪ Verschiedene Lehrpersonen [1,18,39,63,64] ▪ Multimedia-gestützte Instruktion [21,32,52] ▪ Freiwilliges Training [54,62] ▪ Feedback [39] ▪ Beobachten von Peers [27] ▪ Reflektierendes Schreiben [54] ▪ Ultraschall [13]
Nähen	18	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Strukturiertes Fertigkeitentraining [7,26,28,33] ▪ Multimedia-gestützte Instruktion [9,31,45,46] ▪ Selbstgesteuertes Lernen [3,6,31,47] ▪ Feedback [6,9,34,35] ▪ Verschiedene Lehrpersonen [6,23] ▪ Kinästhetische Methode [17] ▪ Lernziele [3] ▪ Mentale bildliche Vorstellung [48] ▪ Freiwilliges Training [54]
Legen einer Kanüle	3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verschiedene Lehrpersonen [55,59] ▪ Simulation [59] ▪ Kumulative Summenkarten [51]
Blutabnahme	1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verschiedene Lehrpersonen [59] ▪ Simulation [59]
Injektionen	3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Strukturiertes Fertigkeitentraining [4,33] ▪ Simulation [4,59] ▪ Verschiedene Lehrpersonen [59]
Legen eines Blasenkatheters	2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verschiedene Lehrpersonen [55,58] ▪ Multimedia-gestützte Instruktion [58]
Legen einer Magensonde	2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Simulation [30] ▪ Vier-Schritt-Methode nach Peyton [25]

Verhältnis von Lehrpersonen zu Studierenden mit einer Lehrperson für vier Studierende ermittelte [7].

Tabelle 2: Anzahl der identifizierten Artikel pro Lehr-/Lernmethode

Lehr-/Lernmethode	Anzahl der Artikel
Strukturiertes Fertigkeitentraining	10
Verschiedene Lehrpersonen	10
Multimedia-gestützte Instruktion	8
Simulation	7
Feedback	5
Selbstgesteuertes Lernen	4
Freiwilliges Training	2
Beobachten von Peers	1
Reflektierendes Schreiben	1
Ultraschall	1
Kinästhetische Methode	1
Lernziele	1
Mentale bildliche Vorstellung	1
Kumulative Summenkarten	1
Vier-Schritt-Methode nach Peyton	1

Verschiedene Lehrpersonen

Der Frage, wer die optimale Lehrperson für das Unterrichten klinischer Fertigkeiten sein könnte, wird in neun kontrollierten Studien nachgegangen. Für körperliche Untersuchungstechniken gibt es keine Unterschiede in den OSCE-Ergebnissen von Studierenden, die von Peers

oder Ärzten unterrichtet wurden [18], von Allgemeinmedizinern oder Fachärzten [63] oder von Lehrbeauftragten für standardisierte körperliche Untersuchungstechniken oder Fakultätsmitgliedern [1]. Bessere OSCE-Ergebnisse wurden für Studierende berichtet, die von Fakultätsmitgliedern unterrichtet wurden, die in Vollzeit versus Teilzeit tätig waren [64]. Bei Nähfertigkeiten führten Peer-Teaching und Unterricht durch Fakultätsmitglieder zu gleichen Ergebnissen in der praktischen Prüfung [6] und es gab keinen Unterschied, ob diese Techniken durch einen nicht-chirurgischen Coach oder einen Chirurgen unterrichtet wurden [23]. Für Injektionsfertigkeiten führte Peer-Teaching zu ähnlichen Fertigkeiten bei den Studierenden wie Unterricht durch Fakultätsmitglieder [59]. Zum Umgang mit einem Blasenkatheter zeigte eine Studie gleiche Ergebnisse der Studierenden unabhängig davon, ob sie durch Peers oder ärztliche Lehrpersonen unterrichtet wurden [55], während eine andere Untersuchung bessere Ergebnisse der Studierenden zeigte, die von Experten unterrichtet wurden [58].

Multimedia-gestützte Instruktion

In Bezug auf Multimedia-gestützte Instruktion wurden verschiedene Aspekte der Multimedia-Anwendung untersucht. Studierende, die einen Zugang zu standardisierten Videoclips für unterschiedliche Aspekte der körperlichen Untersuchung hatten, schnitten besser im OSCE ab als Studierende, denen diese Lernmöglichkeit nicht zur Verfügung gestellt wurde [32]. Weiterhin zeigten Studierende, die mit einer „Click-Version“ eines interaktiven Programms zur Abdomenuntersuchung lernten, bessere Untersuchungsfertigkeiten als Studierende, die mit der „Drag-Version“ desselben Programms arbeiteten [21]. Wenn Herzauskultation zusätzlich zur normalen klinischen Ro-

tation mit einer CD-ROM gelernt wurde, verbesserten sich die Auskultationsfertigkeiten signifikant und diese Verbesserung hielt auch ein Jahr nach der Intervention noch an [52]. Für Nähfertigkeiten führte Selbststudium mit einer interaktiven Videoinstruktion zu ähnlichen Ergebnissen wie Selbststudium mit Video- und Experteninstruktion [31]. Feedback mit der Möglichkeit, die eigene Leistung auf Video anzuschauen, war mit besseren Nähfertigkeiten assoziiert als ein ausschließlich verbales Feedback [9]. Ebenso zeigte Einzelarbeit mit einem interaktiven Video für Nähfertigkeiten bessere Ergebnisse als Tandemarbeit mit demselben Video [45]. Hinsichtlich unterschiedlicher Typen von Videos zeigt sich, dass Nähfertigkeiten am besten gelehrt wurden, wenn den Studierenden Videos mit der korrekten Ausführung und Videos, in denen die Fehler erklärt wurden, gezeigt wurden [46]. Für Blasenkateterisierung war Computer-gestütztes Lernen ebenso effektiv wie ein Expertenfeedback in einer Simulationssituation [58].

Simulation

Studierende, die ein Training der Herzgeräusche mit einem High-Fidelity Simulator (Harvey) erhielten, zeigten keine signifikant bessere Leistung als Studierende, die mit einem Low-Fidelity Simulator (CD) übten [5]. Studierende, denen die Gelegenheit gegeben wurde, Fertigkeiten der Herzuntersuchung an standardisierten Patienten und einem Herzsimulator (Harvey) zu üben, zeigten signifikant bessere Fertigkeiten der Herzuntersuchung als eine Kontrollgruppe, die ausschließlich mit standardisierten Patienten arbeitete [22]. Ein Training der Abdomenuntersuchung mit standardisierten Patienten führte zu besseren studentischen Leistungen in dieser Untersuchungsfertigkeit als eine alleinige Vorlesung [12]. Das Training an einer Puppe (Laerdal SimMan 3G) führte zu besseren Ergebnissen der Thoraxuntersuchung als wenn diese an einem Peer geübt wurde [53]. In Bezug auf das Legen einer Magensonde führte die Teilnahme an Rollenspielen in Skills-Lab-Sitzungen nicht zu technisch besseren Leistungen dieser Fertigkeit [30]. Ein Simulatortraining im Skills-Lab für Legen einer Verweilkanüle, Blutabnahme und Setzen von Spritzen führte bei Studierenden zu besseren Leistungen in Bezug auf diese Fertigkeiten verglichen mit Studierenden, die nicht an einem Simulatortraining teilgenommen hatten [59]. Das Üben des Setzens von Spritzen an einer Puppe, verglichen mit einer anderen Gruppe, die ein zusätzliches Training mit einem Kommilitonen hatte, der stellvertretend die Patientenrolle übernahm, erbrachte keine unterschiedlichen Leistungen in der technischen Durchführung des Spritzensetzens [4].

Feedback, selbstgesteuertes Lernen und freiwilliges Training

Feedback wurde als eine wichtige Methode zur Verbesserung des Lernens von Fertigkeiten identifiziert. Eines der oben beschriebenen strukturierten wöchentlichen Pro-

gramme für körperliche Untersuchungstechniken beinhaltete fortlaufende formative Prüfungen und Feedback seitens der Lehrenden für die Studierenden, die schließlich bessere OSCE-Leistungen zeigten [39]. Bei den Nähfertigkeiten wurden – neben dem Betrachten der eigenen Leistung im Video [9] – unterschiedliche Feedbackaspekte zum Erwerb dieser spezifischen Fertigkeit untersucht. Verbales Expertenfeedback, das an die persönliche Situation des Lernenden angepasst ist, war für die Nähleistung effektiver als selbsteingeschätztes computergeneriertes Feedback [34]. Darüber hinaus führte Real-Time-Feedback mit einem Apparat, der die durch die Hand des Lernenden aufgebrachte Kraft beim Knüpfen eines Knotens misst, zur Abnahme der für diese sensible Aufgabe benötigten Kraft verglichen mit einer Gruppe, die dieses spezifische Feedback nicht erhielt [35]. Während eine Studie zeigte, dass Nähtraining mit Feedback zu besseren Nähfertigkeiten führte als selbstgesteuertes Nähtraining [6], berichteten andere Studien, dass selbstgesteuerte Nähübungen [3] oder ein selbstgesteuerter Stundenplan für Nähübungen [47] mit einem besseren Erwerb der Nähfertigkeit einhergingen und zusätzliches Expertenfeedback nicht zu einer weiteren Verbesserung dieser Fertigkeit führte [31]. Darüber hinaus führte eine freiwillige Teilnahme an reflektivem Schreiben und Üben der Fertigkeiten [54] sowie freiwilliges Üben mit Peers, die die Fertigkeiten besonders gut beherrschten [62], zu besseren Leistungen bei den beteiligten Studierenden in der Durchführung der klinischen Fertigkeiten.

Andere Lehr-/Lernmethoden

Das Beobachten von Peers während der Durchführung einer körperlichen Untersuchung war mit besseren studentischen Leistungen in einer Prüfung der körperlichen Untersuchungstechniken assoziiert als lediglich das Erhalten von Feedback durch einen als Lehrperson fungierenden Schauspielpatienten [27]. Die Nutzung von Ultraschall während des Erlernens der klinischen Untersuchung zeigte eine gewisse Steigerung für das korrekte Palpieren von Lunge und Leber, nicht aber für das Ertasten der Schilddrüse [13]. Das Unterrichten des Knotennehmens mit der kinästhetischen Methode führte zu einer signifikant besseren Leistung bei Anfängern im Vergleich zu Medizinstudierenden, die ein herkömmliches Video angesehen hatten [17]. Weiterhin führte das Arbeiten mit prozessorientierten Lernzielen während des Lernens von Nähfertigkeiten zu größerer Nachhaltigkeit dieser Fertigkeiten als mit ergebnisorientierten Lernzielen [3]. Darüber hinaus scheint die Technik der mentalen bildlichen Vorstellung zu einem besseren Lerntransfer aus praktisch durchgeführten Nähübungssitzungen in die tatsächliche chirurgische Prüfung beizutragen als das Lernen mit dem Textbuch [48]. Bessere Fertigkeiten beim Legen einer Verweilkanüle zeigten Studierende, die kumulative Summenkarten nutzten, um ihre Versuche dieser Fertigkeit während des letzten Studienjahres zu protokollieren [51]. Studierende, die zum Legen einer Magenson-

de mit der Vier-Schritt-Methode nach Peyton unterrichtet wurden, unterschieden sich in Bezug auf die korrekte schrittweise Durchführung nicht zu den Studierenden, die die Standardinstruktionen erhielten, wurden aber in der globalen Bewertung von Professionalität besser beurteilt [25].

Diskussion

Es konnten viele verschiedene Variablen, die das studentische Lernen praktischer Basisfertigkeiten beeinflussen, aus den kontrollierten Studien herausgearbeitet werden, angefangen von eher globalen Faktoren wie strukturiertem Fertigkeitentraining, Multimedia-gestützter Instruktion oder verschiedenen Lehrpersonen bis zu spezifischen Lehrmethoden wie Feedback, mentaler bildlicher Vorstellung oder der Vier-Schritt-Methode nach Peyton. Neben sehr heterogenen Lehrmethoden war die Lehre selbst in unterschiedlichen Phasen des Medizinstudiums vom ersten bis zum letzten Studienjahr angesiedelt. Abhängig vom jeweiligen Kontext der Studie kann der Einfluss derselben Variable zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, was es umso schwieriger macht, eine umfassende Empfehlung zu geben, welche die beste Lehrmethode für welche praktische Basisfertigkeit ist. Eine Empfehlung, die ohne Einschränkung gegeben werden kann, ist, dass ein strukturiertes Fertigkeitentraining jeglicher Art zu besserem Lernen von Fertigkeiten im Medizinstudium beiträgt als eine reine Teilnahme an den üblichen unstrukturierten Famulaturen oder dem unstrukturierten Unterricht am Krankenbett [15], [20], [50]. Ob das optimale Verhältnis von Lehrperson zu Studierenden (1:4), welches zum Erlernen von Nähetechniken gefunden wurde [7], ebenso geeignet für z.B. das Erlernen des Legens einer Verweilkanüle ist, kann weiterhin nicht beantwortet werden. Interessanterweise zeigt ein Vergleich von Weiterbildungsärzten im ersten und im dritten Jahr bei einem OSCE zu praktischen Basisfertigkeiten, dass eine signifikante Zunahme in den Fertigkeiten nur bei den Weiterbildungsärzten des ersten Jahres zwischen den Wochen 0 und 4 festgestellt werden konnte, nicht aber zwischen den letztgenannten und den Weiterbildungsärzten im dritten Jahr [60].

Wenn es um die Frage geht, wer die Lehrperson für eine bestimmte Basisfertigkeit sein sollte, kann der Empfehlung, für das Unterrichten körperlicher Untersuchungstechniken nur die fähigsten Kliniker zu rekrutieren [36], nicht widerspruchlos gefolgt werden. Mehrere Studien haben gezeigt, dass das Unterrichten durch geschulte Peers oder geschultes Personal, Generalisten oder Spezialisten, zu ähnlichen Leistungen in der Ausführung der Fertigkeiten bei Medizinstudierenden führt [1], [6], [18], [23], [59], [63]. Allerdings hat eine Studie gezeigt, dass Studierende, die im Umgang mit einem Blasenkatheter von einem Experten unterrichtet wurden, bessere Leistungen zeigten [58] und dass Studierende, die von einem Vollzeit-Fakultätsmitglied unterrichtet wurden, bessere Leistungen zeigten als Studierende, die von einem Teil-

zeit-Fakultätsmitglied unterrichtet wurden [64]. Da die Mehrzahl der Studien den Nachweis erbringt, dass praktische Basisfertigkeiten genauso gut von ausgebildeten Peers oder nicht ärztlichem Personal unterrichtet werden können, halten wir die Empfehlung, auch anderes Personal als Ärzte zum Unterrichten praktischer Basisfertigkeiten zu rekrutieren, für gerechtfertigt. Die Empfehlung bezieht sich allein auf den technischen Anteil des Unterrichts, der im Zentrum dieser Übersichtsarbeit stand. Allerdings wird ein stärker kompetenzbasierter Ansatz des Medizinstudiums, wie er im NKLM verfolgt wird, letztlich der Integration von Techniken der körperlichen Untersuchung mit Fähigkeiten der Kommunikation und der klinischen Entscheidungsfindung bedürfen, was möglicherweise auch medizinische Experten als Rollenvorbilder für das Unterrichten der Studierenden erfordert [14].

In Bezug auf die praktischen Fertigkeiten, die auch vom Pflegepersonal durchgeführt werden, zeigt sich, dass das Setzen von Spritzen, das Legen eines Blasenkatheters und das Legen einer Magensonde ebenso gut gelernt werden, wenn die Studierenden von Peers oder erfahrenen Fakultätsmitgliedern in einem Skills Lab unterrichtet werden [59]. Mittlerweile haben 10 medizinische Fakultäten in Deutschland ein von Peers unterstütztes Lernprogramm zum Legen einer Magensonde in ihrem Skills Lab [2]. Auf der anderen Seite könnten diese Fertigkeiten bereits während des dreimonatigen Pflegepraktikums, das jeder Medizinstudierende in Deutschland absolvieren muss, erlernt werden [http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/_appro_2002/gesamt.pdf, zuletzt abgerufen am 28.9.2015]. Allerdings kann vermutet werden, dass das Pflegepraktikum für Medizinstudierende eine Mischung aus vielen unstrukturierten Lernereignissen ist, wie es auch für Famulaturen zutrifft, welche nach den Ergebnissen einer Fokusgruppenstudie keine wirkliche Möglichkeit für das Trainieren von Fertigkeiten bieten [40]. Ein möglicher strukturierter Lernansatz für Blutabnahme, Legen eines Blasenkatheters etc. könnte ein multiprofessionelles Programm für Medizinstudierende und Pflegeschülerinnen und -schüler sein, das eine signifikante Zunahme des selbsteingeschätzten Zutrauensniveau für die unterrichteten Fertigkeiten in einer Prä-Post-Evaluationsstudie zeigte [57].

In Zeiten knapper Budgets ist das Ergebnis, dass eine CD-ROM zum Lernen der Herzauskultation genauso gut geeignet ist wie der wesentlich teurere High-Fidelity Simulator Harvey ebenso erfreulich wie die Tatsache, dass zusätzlich zu einer klinischen Rotation eine Lern-CD zu besseren und nachhaltigen Auskultationsfertigkeiten führt [52]. Da alle medizinischen Fakultäten in Deutschland Skills-Lab-Trainings als Bestandteil des Medizinstudiums vorhalten [2], könnten diese der Ort sein, an dem das Lernen mit CDs in Auskultationsübungen integriert werden könnte. Wie Studierende mit Multimedien arbeiten sollten, z.B. im Team oder im Selbststudium, könnte von der Art der Fertigkeit, die sie erlernen sollen, abhängen. Für Nähfertigkeiten zeigten sich bessere Leistungen, wenn Studierende einzeln mit einem interaktiven Video arbeiteten [45]. Für komplexere Aufgaben, die auch

Kompetenzen wie ärztliche Entscheidungsfindung umfassen, führte die Arbeit an virtuellen Patientenfällen mit einem Tandempartner zu besseren Ergebnissen in einem Wissenstest [19]. Somit können Studienergebnisse zu Einzel- oder Teamarbeit mit Multimedien nicht verallgemeinert werden. Darüber hinaus sollte große Sorgfalt bei der Entwicklung von multimedialen Programmen herrschen, um die für einen Lernzuwachs am besten geeignete Anwendung auszuwählen. Wenn Studierende mit einer "Drag Version" eines interaktiven Programms die Abdomenuntersuchung lernten, schnitten sie schlechter ab als Studierende, die die einfachere "Click-Version" desselben Programms nutzten [21]. Dieser Unterschied könnte durch eine mögliche kognitive Überlastung bedingt sein aufgrund der Aufgabe die entsprechenden Objekte auf dem Bildschirm an bestimmte Stellen zu ziehen, anstatt die Aufgabe zu vereinfachen ohne sie dabei aus dem Lernkontext zu reißen, um die intrinsische Belastung, eine spezifische Fertigkeit zu lernen, dem Entwicklungsstand des Lernenden anzupassen [61].

Feedback im allgemeinen und selbstgesteuertes Lernen im Sinne eines selbstorganisierten Stundenplans für die Fertigkeiten, die man üben möchte, oder der Teilnahme an klar definierten freiwilligen Übungen wurden in dieser Übersichtsarbeit als vorteilhaft für den Erwerb verschiedener praktischer Basisfertigkeiten identifiziert. Diese Befunde stehen in Einklang mit den Ergebnissen, dass – weg vom 'see-one-do-one-teach-one' Ansatz – strukturierte Programme das Lernen praktischer Basisfertigkeiten unterstützen und könnten auch den Beschwerden entgegenwirken, dass man sich nicht auf unstrukturierte Wahlfächer verlassen kann, um Studierende beim Erwerb von praktischen Fertigkeiten zu unterstützen [41]. Eine weitere Studie an deutschen Medizinstudierenden zeigte, dass innerhalb von Famulaturen Prozeduren häufig ohne Supervision durchgeführt werden und die Studierenden aufgrund des fehlenden Feedbacks inkorrekte Techniken erwerben könnten [11]. Feedback wird im klinischen Umfeld empfohlen, um den Lernenden eine Rückmeldung zu ihren Leistungen für mögliche Verbesserungen zu geben und um Studierenden eine Orientierung hinsichtlich ihrer Zielerreichung zu ermöglichen [37], was den selbstgesteuerten Lernprozess weiter unterstützen kann. Eine zusätzliche Feedbackform, d.h. die Beobachtung von Peers [27], ist mit besserem studentischem Lernen assoziiert als ein alleiniges Feedback der Lehrperson. Zu guter Letzt komplettieren sehr spezielle haptische Feedbackmethoden für praktische Fertigkeiten wie Nähen [35] die Liste, um die Bedeutsamkeit des Feedbacks als Lehrmethode für praktische Basisfertigkeiten zu unterstreichen. Wesentlich für Feedback ist die direkte Beobachtung des Studierenden durch den Lehrenden, die eine besondere Herausforderung im derzeitigen klinischen Umfeld darstellt und durch praktische Hinweise unterstützt wird [16]. Allerdings scheinen für bestimmte praktische Basisfertigkeiten Peers [6] und nicht-ärztliche Lehrende [23] ebenso gut als stellvertretende Lehrende geeignet zu sein.

Im Hinblick auf die Anwendung spezifischer Lehrmethoden zum Erlernen praktischer Basisfertigkeiten erwies sich die Vier-Schritt-Methode nach Peyton als effektiver Lehransatz für das Legen einer Magensonde an einer Übungspuppe [25]. In einer weiteren Studie zum Üben der Anlage eines zentralen Venenkatheters, was nach der Klassifikation dieser Übersichtsarbeit zu einer erweiterten praktischen Fertigkeit gehört, zeigte sich, dass der dritte Schritt nach Peytons Ansatz – der Studierende erklärt jeden Zwischenschritt, während der Lehrende die studentischen Instruktionen ausführt – die entscheidendste Rolle für den studentischen Lernerfolg spielt [24]. Allerdings ist Peytons Instruktionsmethode für eine 1:1 Lehrsituation entwickelt, die nicht die typische Lernsituation widerspiegelt. In Skills-Labs findet der Unterricht meist in kleinen Gruppen statt, wobei das ideale Lehrender-Studierender-Verhältnis zum Unterrichten von Nähfertigkeiten als 1:4 ermittelt wurde [7]. In einer deskriptiven Studie zu einem Skills-Lab-Training für die oben erwähnte erweiterte praktische Fertigkeit, Legen eines zentralen Venenkatheters, wurde eine modifizierte Version der Vier-Schritt-Methode nach Peyton für das Unterrichten kleiner Gruppen als von den Studierenden gut akzeptiert und für die Lehrenden leicht in der Umsetzung beschrieben [29]. Ob dieser Ansatz genauso gut für praktische Basisfertigkeiten geeignet ist und zu ähnlichem oder verbessertem Lernen führt, ist bisher noch nicht beschrieben worden. Eine Schwäche unserer Studie ist, dass viele verschiedene Suchbegriffe verwendet werden mussten, da sich praktische Basisfertigkeiten, wie sie für diese Studie definiert wurden, in etlichen anderen Begriffen in der medizinischen Ausbildungsliteratur wiederfinden und die Liste der Suchbegriffe möglicherweise trotzdem noch nicht vollständig gewesen sein könnte. Der Fokus dieser Übersichtsarbeit lag in dem Versuch, die Evidenz hinsichtlich der Frage, wie praktische Basisfertigkeiten mit den besten Wirkungen im Medizinstudium unterrichtet werden können, zusammenzufassen. Daher wurden nur kontrollierte Studien einbezogen, was eine Stärke dieser Untersuchung darstellt. Eine weitere Schwäche ist allerdings, dass die Qualitätsbeurteilung der einzelnen, in diese Übersichtsarbeit eingeschlossenen Studien stiefmütterlich behandelt wurde. Darüber hinaus könnten trotz der inhaltlichen Beurteilung aller eingeschlossenen Artikel durch beide Autorinnen Fehler während der Datengewinnung und -analyse aufgetreten sein und es könnte auch die Gefahr einer Voreingenommenheit beim Berichten bestehen. Da der Schwerpunkt dieser Untersuchung auf der Ermittlung evidenzbasierter Lehr- und Lernmethoden im Medizinstudium lag, wurden weder Einflussfaktoren der kognitiven Psychologie noch die Ausbildung der Lehrenden genauer betrachtet, da die genannten Einflussfaktoren nur in Manuskripten gefunden wurden, die anderen Kategorien zugeordnet wurden. Auch könnten effektive Lehrmethoden für praktische Fertigkeiten in Studien der ärztlichen Weiterbildung oder in Studien zu komplexeren praktischen Fertigkeiten zu finden sein, die nicht im Fokus dieser Untersuchung standen.

Abschließend legen unsere Ergebnisse nahe, dass freiwilliges oder obligatorisches Selbststudium bestimmter Fertigkeiten mit Multimedia-Anwendungen wie Video-Clips in Kombination mit einem strukturierten Programm, das die Möglichkeit für individuelle Übungen mit persönlichem Feedback von Peers oder Lehrenden beinhaltet, eine gute Möglichkeit für das Erlernen praktischer Basisfertigkeiten zu bieten scheint. Ob die Kombination dieser unterschiedlichen Lehraspekte, die einzeln zu einem Lernzuwachs praktischer Basisfertigkeiten beitragen, zu ähnlichen Effekten führen, muss durch weitere Forschung untersucht werden.

Interessenkonflikt

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

Literatur

- Barley GE, Fisher J, Dwinnell B, White K. Teaching Foundational Physical Examination Skills: Study Results Comparing Lay Teaching Associates and Physician Instructors. *Acad Med.* 2006;81(10):95-97. DOI: 10.1097/00001888-200610001-00024
- Blohm M, Lauter J, Branchereau S, Krautter M, Köhl-Hackert N, Jünger J, Herzog W, Nikendei C. Peer-assisted learning" (PAL) in the Skills-Lab – an inventory at the medical faculties of the Federal Republic of Germany. *GMS Z Med Ausbild.* 2015;32(4):Doc10. DOI: 10.3205/zma000952
- Brydges R, Carnahan H, Safir O, Dubrowski A. How effective is self-guided learning of clinical technical skills? It's all about process. *Med Educ.* 2009;43(6):507-515. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2009.03329.x
- Chunharas A, Hetrakul P, Boonyobol R, Udomkitti T, Tassanapitikul T, Wattanasirichaigoon D. Medical students themselves as surrogate patients increased satisfaction, confidence, and performance in practicing injection skill. *Med Teach.* 2013;35(4):308-313. DOI: 10.3109/0142159X.2012.746453
- 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
- Denadai R, Toledo AP, Oshiiwa M, Saad-Hossne R. Acquisition of suture skills during medical graduation by instructor-directed training: a randomized controlled study comparing senior medical students and faculty surgeons. *Updates Surg.* 2013;65(2):131-140. DOI: 10.1007/s13304-013-0199-y
- Dubrowski A, MacRae H. Randomised, controlled study investigating the optimal instructor: student ratios for teaching suturing skills. *Med Educ.* 2006;40(1):59-63. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2005.02347.x
- Epstein RM, Hundert EM. Defining and assessing professional competence. *JAMA.* 2002;287(2):226-235. DOI: 10.1001/jama.287.2.226
- Farquharson AL, Cresswell AC, Beard JD, Chan P. Randomized trial of the effect of video feedback on the acquisition of surgical skills. *Br J Surg.* 2013;100(11):1448-1453. DOI: 10.1002/bjs.9237
- Fischer MR, Bauer D, Mohn K, NKLM-Projektgruppe. Finally finished! National Competence Based Catalogues of Learning Objectives for Undergraduate Medical Education (NKLM) and Dental Education (NKLZ) ready for trial. *GMS Z Med Ausbild.* 2015;32(3):Doc35. DOI: 10.3205/zma000977
- Fischer T, Chenot JF, Simmenroth-Nayda A, Heinemann S, Kochen MM, Himmel W. Learning core clinical skills – a survey at 3 time points during medical education. *Med Teach.* 2007;29(3):397-399. DOI: 10.1080/01421590701316563
- Fletcher KE, Stern DT, White C, Gruppen LD, Oh MS, Cimmino VM. The Physical Examination of Patients With Abdominal Pain: The Long-Term Effect Of Adding Standardized Patients and Small-Group Feedback to a Lecture Presentation. *Teach Learn Med.* 2004;16(2):171-174. DOI: 10.1207/s15328015tlm1602_9
- Fodor D, Badea R, Poanta L, Dumitrascu DL, Buzoianu AD, Mircea PA. The use of ultrasonography in learning clinical examination – a pilot study involving third year medical students. *Med Ultrason.* 2012;14(3):177-181. DOI: 10.11152/mu.2013.2066.143.df177
- Goldstein EA, Maclaren CF, Smith S, Mengert TJ, Maestas RR, Foy HM, Wenrich MD, Ramsey PG. Promoting fundamental clinical skills: a competency-based college approach at the University of Washington. *Acad Med.* 2005;80(5):423-433. DOI: 10.1097/00001888-200505000-00003
- Güldal D, Özçakar N, Yeniçeri N, Dontlu C, Ulusel B. Comparison of Clinical Skills of 3rd-Year Students Who Completed Structured Clinical Skills Program With 6th-Year Students Who Acquired Clinical Skills in Unsystematic Way. *Teach Learn Med.* 2005;17(1):21-26. DOI: 10.1207/s15328015tlm1701_5
- Hauer KE, Holmboe ES, Kogan JR. Twelve tips for implementing tools for direct observation of medical trainees' clinical skills during patient encounters. *Med Teach.* 2011;33(1):27-33. DOI: 10.3109/0142159X.2010.507710
- Huang E, Chern H, O'Sullivan P, Cook B, McDonald E, Palmer B, Liu T, Kim E. A better way to teach knot tying: a randomized controlled trial comparing the kinesthetic and traditional methods. *Am J Surg.* 2014;208(4):690-694. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2014.05.028
- Hudson JN, Tonkin AL. Clinical skills education: outcomes of relationships between junior medical students, senior peers and simulated patients. *Med Educ.* 2008;42(9):901-908. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2008.03107.x
- Jäger F, Riemer M, Abendroth M, Sehnder S, Harendza S. Virtual patients: the influence of case design and teamwork on students' perception and knowledge – a pilot study. *BMC Med Educ.* 2014;14:137. DOI: 10.1186/1472-6920-14-137
- Jünger J, Schäfer S, Roth C, Schellberg D, Ben-David M, Nikendei C. Effects of basic clinical skills training on objective structured clinical examination performance. *Med Educ.* 2005;39(10):1015-1020. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2005.02266.x
- Kalet A, Song HS, Sarpel US, Schwartz R, Brenner J, Ark TK, Plass J. Just enough, but not too much interactivity leads to better clinical skills performance after a computer assisted learning module. *Med Teach.* 2012;34(10):833-839. DOI: 10.3109/0142159X.2012.706727
- Kern DH, Mainous III AG, Carey, 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
- Kim MJ, Boehler ML, Ketchum JK, Bueno R, Williams RG, Dunnington GL. Skills coaches as part of the educational team: A randomized controlled trial of teaching of a basic surgical skill in the laboratory setting. *Am J Surg.* 2010; 99(1):94-98. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2009.08.016

24. Krautter M, Dittrich R, Safi A, Krautter J, Maatouk I, Moeltner A, Herzog W, Nikendei C. Peyton's four-step approach: differential effects of single instructional steps on procedural and memory performance – a clarification study. *Adv Med Educ Pract*. 2015;6:399-406. DOI: 10.2147/AMEP.S81923
25. Krautter M, Weyrich P, Schultz JH, Buss SJ, Maatouk I, Jünger J, Nikendei C. Effects of Peyton's Four-Step Approach on Objective Performance Measures in Technical Skills Training: A Controlled Trial. *Teach Learn Med*. 2011;23(3):244-250. DOI: 10.1080/10401334.2011.586917
26. Liddell MJ, Davidson SK, Taub H, Whitecross LE. Evaluation of procedural skills training in an undergraduate curriculum. *Med Educ*. 2002;36(11):1035-1041. DOI: 10.1046/j.1365-2923.2002.01306.x
27. Martineau B, Mamede S, St-Onge C, Rikers RM, Schmidt HG. To observe or not to observe peers when learning physical examination skills; that is the question. *BMC Med Educ*. 2013;13:55. DOI: 10.1186/1472-6920-13-55
28. Morris M, Caskey R, Mitchell M, Sawaya D. Surgical skills training restructured for the 21st century. *J Surg Res*. 2012;177(1):33-36. DOI: 10.1016/j.jss.2012.03.060
29. Nikendei C, Huber J, Stiepak J, Huhn D, Lauter J, Herzog W, Jünger J, Krautter M. Modification of Peyton's four-step approach for small group teaching – a descriptive study. *BMC Med Educ*. 2014;14:68. DOI: 10.1186/1472-6920-14-68
30. Nikendei C, Kraus B, Schrauth M, Weyrich P, Zipfel S, Herzog W, Jünger J. Integration of role-playing into technical skills training: a randomized controlled trial. *Med Teach*. 2007;29(9):956-960. DOI: 10.1080/01421590701601543
31. Nousiainen M, Brydges R, Backstein D, Dubrowski A. Comparison of expert instruction and computer-based video training in teaching fundamental surgical skills to medical students. *Surg*. 2008;143(4):539-544. DOI: 10.1016/j.surg.2007.10.022
32. Orientale E, Kosowicz L, Alerte A, Pfeiffer C, Harrington C, Palley J, Brown S, Sapieha-Yanchak T. Using Web-based Video to Enhance Physical Examination Skills in Medical Students. *Fam Med*. 2008;40(7):471-476.
33. Peeraer G, Scherpier AJA, Remmen R, De winter BY, Hendrickx K, van Petegem P, Weyler J, Bossaert L. Clinical Skills Training in a Skills Lab Compared with Skills Training in Internships: Comparison of Skills Development Curricula. *Educ Health (Abingdon)*. 2007;20(3):1-9.
34. Porte MC, Xeroulis G, Reznick RK, Dubrowski A. Verbal feedback from an expert is more effective than self-accessed feedback about motion efficiency in learning new surgical skills. *Am J Surg*. 2007;193(1):105-110. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2006.03.016
35. Rafiq A, Tamariz F, Boanca C, Lavrentyev V, Merrell RC. Objective Assessment of Training Surgical Skills Using Simulated Tissue Interface with Real-Time Feedback. *J Surg Educ*. 2008;65(4):270-274. DOI: 10.1016/j.jsurg.2008.05.012
36. Ramani S. Twelve tips for excellent physical examination teaching. *Med Teach*. 2008;30(9-10):851-856. DOI: 10.1080/01421590802206747
37. Ramani S, Leinster S. AMEE Guide no. 34: Teaching in the clinical environment. *Med Teach*. 2008;30(4):347-364. DOI: 10.1080/01421590802061613
38. Ramani S, Orlander JD, Strunin L, Barber TW. Whither bedside teaching? A focus-group study of clinical teachers. *Acad Med*. 2003;78(4):384-390. DOI: 10.1097/00001888-200304000-00014
39. Régo P, Peterson R, Callaway L, Ward M, O'Brien C, Donald K. Using a structured clinical coaching program to improve clinical skills training and assessment, as well as teachers' and students' satisfaction. *Med Teach*. 2009;31(12):e586-e595. DOI: 10.3109/01421590903193588
40. Remmen R, Denekens J, Scherpier AJ, van der Vleuten CP, Hermann I, van Puymbroeck H, Bossaert L. Evaluation of skills training during clerkships using student focus groups. *Med Teach*. 1998;20(5):428-432. DOI: 10.1080/01421599880517
41. Remmen R, Derese A, Scherpier A, Denekens J, Hermann I, van der Vleuten C, Van Royen P, Bossaert L. Can medical schools rely on clerkships to train students in basic clinical skills? *Med Educ*. 1999;33(8):600-605. DOI: 10.1046/j.1365-2923.1999.00467.x
42. Remmen R, Scherpier A, van der Vleuten C, Denekens J, Derese A, Hermann I, Hoogenboom R, Kramer A, Van Rossum H, Van Royen P, Bossaert L. Effectiveness of basic clinical skills training programmes: a cross-sectional comparison of four medical schools. *Med Educ*. 2001;35(2):121-128.
43. Ringsted C, Schroeder TV, Henriksen J, Ramsing B, Lyngdorf P, Jønsson V, Scherpier A. Medical students' experience in practical skills is far from stakeholders' expectations. *Med Teach*. 2001;23(4):412-416. DOI: 10.1080/01421590120043017
44. Roberts L, Lu WH, Go RA, Darowalla F. Effect of Bedside Physical Diagnosis Training on Third-Year Medical Students' Physical Exam Skills. *Teach Learn Med*. 2014;26(1):81-85. DOI: 10.1080/10401334.2013.857329
45. Rogers DA, Regehr G, Gelula M, Yeh KA, Howdieshell TR, Webb, W. Peer Teaching and Computer-Assisted Learning: An Effective Combination for Surgical Skill Training? *J Surg Res*. 2000;92(1):53-55. DOI: 10.1006/jsre.2000.5844
46. Rogers DA, Regehr G, MacDonald J. A role for error training in surgical technical skill instruction and evaluation. *Am J Surg*. 2002;183(3):242-245. DOI: 10.1016/S0002-9610(02)00798-5
47. Safir O, Williams CK, Dubrowski A, Backstein D, Carnahan H. Self-directed practice schedule enhances learning of suturing skills. *Can J Surg*. 2013;56(6):E142-147. DOI: 10.1503/cjs.019512
48. Sanders CW, Sadoski M, van Walsum K, Bramson R, Wiprud R, Fossum TW. Learning basic surgical skills with mental imagery: using the simulation centre in the mind. *Med Educ*. 2008;42(6):607-612. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2007.02964.x
49. Schnabel KP, Boldt PD, Breuer G, Fichtner A, Karsten G, Kujumdshiev S, Schmidts M, Stosch C. A consensus statement on practical skills in medical school – a position paper by the GMA Committee on Practical Skills. *GMS Z Med Ausbild*. 2011;28(4):Doc58. DOI: 10.3205/zma000770
50. Smith MA, Burton WB, Mackay M. Development, impact, and measurement of enhanced physical diagnosis skills. *Adv in Health Sci Educ*. 2009;14(4):547-556. DOI: 10.1007/s10459-008-9137-z
51. Smith SE, Tallentire VR, Spiller J, Wood SM, Cameron HS. The educational value of using cumulative sum charts. *Anaesthesia*. 2012;67(7):734-740. DOI: 10.1111/j.1365-2044.2012.07100.x
52. Stern DT, Mangrulkar, RS, Gruppen LD, Lang AL, Grum CM, Judge RD. Using a Multimedia Tool to Improve Cardiac Auscultation Knowledge and Skills. *J Gen Intern Med*. 2001;16(11):763-769. DOI: 10.1111/j.1525-1497.2001.10347.x
53. Swamy M, Bloomfield TC, Thomas RH, Singh H, Searle RF. Role of SimMan in teaching clinical skills to preclinical medical students. *BMC Med Educ*. 2013;13:20. DOI: 10.1186/1472-6920-13-20
54. Tagawa M, Imanaka H. Reflection and selfdirected and group learning improve OSCE scores. *Clin Teach*. 2010;7(4):266-270. DOI: 10.1111/j.1743-498X.2010.00377.x
55. Tolsgaard MG, Gustafsson A, Rasmussen MB, Høiby P, Müller CG, Ringsted C. Student teachers can be as good as associate professors in teaching clinical skills. *Med Teach*. 2007;29(6):553-537. DOI: 10.1080/01421590701682550

56. Tse AM, Iwashiki LK, King CA, Harrigan RC. A collaborative approach to developing a validated competence-based curriculum for health profession students. *Educ Health (Abingdon)*. 2006;19(3):331-344.
57. Tucker K, Wakefield A, Boggis C, Lawson M, Roberts T, Gooch J. Learning together: clinical skills teaching for medical and nursing students. *Med Educ*. 2003;37(7):630-637. DOI: 10.1046/j.1365-2923.2003.01558.x
58. Walsh CM, Rose DN, Dubrowski A, Ling SC, Grierson LE, Backstein D, Carnahan H. Learning in the Simulated Setting: A Comparison of Expert-, Peer-, and Computer-Assisted Learning. *Acad Med*. 2011;86(10 Suppl):12-16. DOI: 10.1097/ACM.0b013e31822a72c7
59. 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
60. Willett LL, Estrada CA, Castiglioni A, Massie FS, Heudebert GR, Jennings MS, Centor RM. Does residency training improve performance of physical examination skills? *Am J Med Sci*. 2007;333(2):74-77. DOI: 10.1097/00000441-200702000-00002
61. Young JQ, Van Marrienboer J, Durning S, Ten Cate O. Cognitive Load Theory: implications for medical education. *AMEE Guide No. 86*. *Med Teach*. 2014;36(5):371-384. DOI: 10.3109/0142159X.2014.889290
62. Zaidi Z, Jaffery T, Shahid A, Moin S, Gilani A, Burdick W. Change in action: using positive deviance to improve student clinical performance. *Adv in Health Sci Educ*. 2012;17(1):95-105. DOI: 10.1007/s10459-011-9301-8
63. Zakowski LJ, Seibert C, VanEyck S, Skochelak S, Dottl S, Albanese M. Can Specialists and Generalists Teach Clinical Skills to Second-year Medical Students with Equal Effectiveness? *Acad Med*. 2002;77(10):1030-1033. DOI: 10.1097/00001888-200210000-00019
64. Zeng J, Zuo C, Wang Y. A Controlled Trial to Compare the Teaching Quality of Clinical-Skills Training Faculty: The Clinician-Educator Career Path in China. *Teach Learn Med*. 2014;26(2):146-152. DOI: 10.1080/10401334.2014.892393

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Sigrid Harendza, MME (Bern)
 Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, III. Medizinische
 Klinik, Martinistraße 52, D-20246 Hamburg, Deutschland,
 Tel. +49 (0)40/7410-5390, Fax: +49 (0)40/7410-40218
 harendza@uke.de

Bitte zitieren als

Vogel D, Harendza S. Basic practical skills teaching and learning in undergraduate medical education – a review on methodological evidence. *GMS J Med Educ*. 2016;33(4):Doc64.
 DOI: 10.3205/zma001063, URN: urn:nbn:de:0183-zma0010637

Artikel online frei zugänglich unter

<http://www.egms.de/en/journals/zma/2016-33/zma001063.shtml>

Eingereicht: 30.10.2015

Überarbeitet: 04.01.2016

Angenommen: 09.05.2016

Veröffentlicht: 15.08.2016

Copyright

©2016 Vogel 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/>.