

# Learning surgical knot tying and suturing technique – effects of different forms of training in a controlled randomized trial with dental students

## Abstract

**Objective:** The acquisition of surgical skills requires motor learning. A special form of this is intermanual transfer by transferring motor skills from the nondominant hand (NDH) to the dominant hand (DH). The purpose of this study was to determine the learning gains that can be achieved for the DH by training with the DH, the NDH, and by non-surgical alternative training (AT).

**Methods:** 124 preclinical (n=62) and clinical (n=62) dental students completed surgical knot tying and suturing technique training with the DH, with the NDH, and an AT in a controlled randomized trial.

**Results:** A statistically significant learning gain in knot tying and suture technique with the DH was evident only after training with the DH when compared to training with the NDH ( $p < 0.001$  and  $p = 0.004$ , respectively) and an AT ( $p = 0.001$  and  $p = 0.010$ , respectively). Of those students who achieved a learning gain  $\geq 4$  OSATS points, 46.4% (n=32) benefited in their knot tying technique with the DH from training with the DH, 29.0% (n=20) from training with the NDH, and 24.6% (n=17) from an AT while 45.7% (n=32) benefited in their suturing technique with the DH from training with the DH, 31.4% (n=22) from training with the NDH, and 22.9% (n=16) from an AT.

**Conclusions:** Training with the DH enabled significantly better learning gains in the surgical knot tying and suturing techniques with the DH.

**Keywords:** motor learning, intermanual transfer, suture technique, knot technique, OSATS

Sükran Dasci<sup>1</sup>  
Harald Schrem<sup>2</sup>  
Felix Oldhafer<sup>1</sup>  
Oliver Beetz<sup>1</sup>  
Dennis Kleine-Döpke<sup>1</sup>  
Florian Vondran<sup>1</sup>  
Jan Beneke<sup>3</sup>  
Akin Sarisin<sup>1</sup>  
Wolf Ramackers<sup>1</sup>

1 Hannover Medical School, General, Visceral and Transplant Surgery, Hannover, Germany

2 Medical University of Graz, General, Visceral and Transplant Surgery, Graz, Austria

3 Hannover Medical School, Cardiac, Thoracic, Transplantation and Vascular Surgery, Hannover, Germany

## Introduction

Learning surgical skills is a key requirement for all operative medical specialties. Basic surgical skills such as knot tying and suturing used to be learned on patients in the operating room. Learning these techniques on models is associated with the advantages of a more suitable learning environment for learners and better patient safety [1]. This approach allows learners to focus on the complex surgical procedures in the operating room after acquiring these basic skills [2]. This learning process is classified as motor learning and occurs in multiple stages from the cognitive phase, in which the movement sequences must first be understood, to the integrative phase of application under cognitive control, to the autonomous phase, in which the procedures can be performed without thinking [3].

When training surgical skills, the dominant hand (DH) is predominantly trained [4]. Transfer of motor skills from

the (DH) to the non-dominant hand (NDH) and vice versa is possible [5], [6]. This intermanual transfer is a neural function in which training one side of the body transfers the learned function to the other side of the body. This strategy is used in rehabilitation for trauma or stroke [7]. Intermanual transfer can also be used in motor learning by training the non-dominant hand to improve the dominant hand.

Traditionally, surgical skills are taught using the Halsted method (“see one, do one, teach one”). In this method, learners should be able to perform the procedure themselves after observing the procedure to be learned. In the next step, they should be able to teach this procedure [8]. Due to the possibility of errors and from the point of view of patient safety, this method is considered outdated [9]. An alternative for teaching complex skills in medicine is the 4-step method according to Peyton [10], [11], [12]. This 4-step model consists of the steps of demonstration, deconstruction, understanding, and performance [12].

During demonstration, learners are shown the procedure to be learned in its entirety without commentary. During deconstruction, instructors repeat the demonstration with an explanation of all necessary substeps. The third step involves teachers performing the procedure under the instruction of learners to achieve the necessary understanding. In the fourth step, learners perform the entire procedure independently [13].

In addition to the standardized teaching of surgical skills, it is necessary to assess these skills and thus learning gains as objectively as possible [14]. This can be done by a checklist-based structured assessment, such as the OSATS (Objective Structured Assessment of Technical Skills) [15], [16], [17]. This approach has been widely used for surgical skills assessment [16]. The assessment is performed using a checklist consisting of a Global Rating Scale and a procedure-specific checklist [14]. The OSATS is a measurement tool with high reliability and validity [18].

This study examines for the first time the learning gains that can be achieved by dental students using their DH on the model for the open knot tying and suturing technique after training with the DH, the NDH, and by AT that is not specific surgical training. In addition, this study also identifies those learners who were able to achieve the greatest learning gains. The research question investigated here is whether similar learning gains can be achieved with the DH by intermanual transfer after training the NDH or an AT when compared to the training of the dominant hand. This question is relevant to better understand and better quantify modern models used for surgical skills teaching methods in terms of their effectiveness and efficiency. The results of this work will provide insights into the intermanual transfer of motor skills when learning basic surgical skills and will quantify the effectiveness of such a transfer as objectively as possible.

## Methods

Surgical training in knot tying and suturing techniques was provided to 124 preclinical and clinical dental students in a controlled-randomized study between December 2016 and July 2019. This knot tying and suturing course was offered exclusively as part of this study as an elective course.

The case number calculation was performed with an alpha level of 0.05, a power of 0.8, and an assumed mean effect size with a Cohens  $d$  of 0.5. This resulted in a group size of 64 or a total of 128 students. The following online calculator was used for this calculation: [<https://statistik-guru.de/rechner/cohens-d-gepaarter-t-test.html>]. A statistical interim evaluation showed that due to the larger effect size, the initially advised 128 subjects were not needed and thus recruitment could already be terminated at 124 subjects.

The study was conducted as a controlled, randomized prospective trial. All subjects consented to study participation and the use of their data prior to study initiation.

The surgical knotting technique was practiced on knotting boards and the suturing technique was practiced as single button suturing on suture pads.

Prior to training, a screening was performed to determine handedness using the Sattler questionnaire based on everyday activities [19]. Subjects are asked to indicate with which hand (left, right, both) these activities are preferably performed. This questionnaire deals with spontaneous activities that are not influenced by education or environment [19].

The training followed the 4-step method according to Peyton. In the first step, the students were shown in real time how to perform a surgical knot or how to perform a surgical suture. In the second step, a slow demonstration was given in individual steps with detailed explanations. In the third step, the instructor performed surgical knot tying or suturing according to students' instructions. In the fourth step, the learners demonstrated knot tying and suturing. This was followed by an assessment of the performed suture and knot technique with the dominant hand using the OSATS. Based on the OSATS assessment (initial measurement), students received structured feedback [14]. In addition, students performed a self-assessment of their competence in knot tying and suturing technique on a scale of 1 to 10 points [20].

For the subsequent training phase, students were randomized into three groups. For randomization, equally distributed, identical-looking tickets were drawn from the students, which assigned each student to the respective training groups (DH, NDH, or AT) with equal probability. In group DH, training was done on knotting and suturing techniques with the dominant hand. In group NDH, training occurred with the non-dominant hand, and in group AT, learners completed alternative training. This involved writing a sentence and tracing a maze with the non-dominant hand. The exercises in each group were repeated twenty times without additional self-training. The number of repetitions was determined based on a preliminary study. Immediately after the last repetition, final OSATS measurements were taken. The raters were surgical residents trained with the OSATS. The trainers and the OSATS raters were different individuals who acted independently of each other.

The learners performed a new self-assessment of their skills after the training phase. Learning growth was determined as the difference between the OSATS score before and after the training phase.

The evaluation of the skills and their quality according to the OSATS was based on the criteria:

1. tissue handling,
2. movement,
3. handling of the thread,
4. fluidity,
5. theoretical knowledge,
6. knots,
7. result and
8. overall evaluation.

For each criterion, between one point for poor performance and five points for very good performance can be awarded (see attachment 1, supplementary tables S1, S2).

Learning gain was defined as an improvement in the OSATS score of 4 or more points in a subsequent analysis. This threshold was chosen, because a significant improvement in the OSATS score was observed when training with the DH with a median OSATS increase of 7 points for knot technique and a median OSATS increase of 5.5 points for suture technique while the median OSATS increase after training with the NDH or an AT was found to be 3 points for knot technique and 4 and 3 points for suture technique, respectively. Based on this characteristic, two groups of students were formed to further characterize the characteristics of those participants who demonstrated learning success.

The Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk tests were used to test the discrete variables for normal distribution. If one of the two tests reached the respective significance level (Kolmogorov-Smirnov  $p < 0.010$  or Shapiro-Wilk  $p < 0.01$ ), a non-parametric distribution was assumed. Because several variables were not parametrically distributed, the Wilcoxon rank-sum test was used to determine significance levels for two-sided group comparisons. For binary variables, significance levels were determined using the Chi<sup>2</sup> test. The level for statistical significance was defined at  $p < 0.05$ .

A correlation matrix was created to determine correlations between parameters. A relevant correlation between two variables was defined as  $|r| > 0.500$ . Binary logistic regression analysis was used to identify predictors for a learning gain with an increase in  $OSATS \geq 4$ . Multivariable linear regression analysis was performed to identify independent predictors of learning gain measured in OSATS score increase after training.

## Results

81.5% of students were female and 18.5% were male ( $p < 0.001$ ).

A statistically significant learning gain in the knot tying and suturing technique with the DH was shown only in the DH group when compared to the NDH and AT groups. The learning gain in knot tying and suturing technique with the DH between groups NDH and AT did not differ significantly (see table 1). The OSATS scores after training (OSATS end) for the knot tying technique with the DH were significantly higher in the DH group when compared to AT and for the suturing technique with the DH significantly higher in the DH group than in the AT and NDH groups (see table 1). In the self-assessment scale of the knot tying technique with the DH (self-assessment knot end) the value was significantly higher after training of the DH when compared to AT (see table 1).

Subgroup analysis showed a significantly more frequently reported prior experience with surgical knot tying and suturing techniques among those students who studied

in the more progressed clinical section of their studies when compared to students who were still involved in their preclinical studies. Students in the clinical section achieved a statistically significantly higher learning gain in knotting technique with the DH when compared to students in the preclinical study section regardless of the type of training applied (difference OSATS knots) (see table 2).

Subgroup analysis revealed that most students with learning gains in their knot tying technique with the DH ( $\geq 4$  OSATS points) had training with the DH (46.4%) (see table 3). This observation was also made analogously for the training in suturing technique (see table 4).

## Discussion

The results of this study show that for dental students, the greatest learning gains were observed after training with the DH in both, knot tying and suturing and techniques (see table 1). The fact that the greatest learning gain was associated with the training of the DH is not surprising and is consistent with the results of other studies [5], [6]. A statistically significant learning gain was not observed after training with the NDH and AT. This is surprising, as a greater learning gain was expected due to an intermanual transfer from the trained NDH to the DH. Intermanual transfer is known from other studies from the DH to the NDH and vice versa [21], [22]. However, the effect of intermanual transfer from the NDH to the DH in this case depends on the training intensity [21], [22]. In our study, no statistically significant learning gain could be observed with the DH after training of the NDH when compared to the AT as an expression of intermanual transfer from the NDH to the DH (see table 1). A possible reason for this observation could be the lower number of repetitions during training in this study when compared to other studies [21]. For a successful intermanual transfer it could be shown that the number of repetitions is crucial [7].

Students in the preclinical and clinical study sections did not differ significantly in the parameters studied except for the learning gain in their knot tying technique. Here, the students in the clinical study section showed an increase in learning (see table 2). This observation may be explained partly by the effects of motor learning conveyed by gaining hands-on experience in the clinical setting. While the OSATS score before training was not significantly different, the acquired prior knowledge and clinical experience seems to have supported the learning process. In contrast, for the learning of the surgical suturing technique prior knowledge or clinical experience did not seem to have an influence. This could be due to different levels of complexity of the knot tying versus the suturing techniques and the quality of prior knowledge and clinical experience. Depending on the complexity, a higher number of repetitions is very likely needed to learn a procedure.

**Table 1: Comparison of groups DH, NDH and AT (DH=dominant hand, NDH=non-dominant hand, AT=alternative training, SD=standard deviation, min=minimum, max=maximum)**

	DH	NDH	AT	DH	NDH	AT	DH vs. NDH	DH vs. AT	NDH vs. AT
n	44	43	37				Chi <sup>2</sup> - Test, p-value		
Ratio female:male	3,0:1	5,14:1	5,17:1				0,315	0,333	0,994
	Mean ± SD			Median (Min-Max)			Wilcoxon- Test, p-value		
Self-Assessment Knot-tying begin	3,8±1,8	3,8±2,1	3,1±2,0	4 (2-5)	4 (2-6)	2 (1-5)	0,952	0,101	0,115
Self-Assessment Knot-tying end	6,9±1,8	6,4±2,0	6,1±1,8	7 (6-8)	7 (5-8)	6 (5-7)	0,299	<b>0,029</b>	0,286
Difference Self-Assessment Knot-tying (begin - end)	3,1±1,8	2,7±2,4	3,0±1,9	3 (2-4,5)	2 (1-5)	3 (2-4)	0,437	0,686	0,686
Self-Assessment Suture Begin	3,8±1,9	3,8±2,0	3,3±2,0	4 (2-5)	4 (2-5)	4 (1-5)	0,745	0,123	0,287
Self-Assessment Suture end	6,8±1,8	6,3±1,9	6,3±1,7	8 (6-8)	6 (5-8)	6 (5-8)	0,211	0,178	0,961
Difference Self-Assessment suture (begin - end)	2,9±1,7	2,5±2,5	3,0±1,8	3 (2-4)	3 (1-4)	3 (2-4)	0,616	0,814	0,509
OSATS points Knot-tying begin	25,5±6,2	27,1±7,0	24,2±7,4	25 (20,5-30)	26 (22-30)	22 (19-31)	0,276	0,548	0,146
OSATS points Knot-tying end	32,8±4,4	30,2±6,2	27,3±7,0	32 (29,5-36,5)	30 (26-35)	28 (23-32)	0,055	<b>&lt;0,001</b>	0,076
Difference OSATS points Knot-tying (begin - end)	7,3±,0	3,0±3,4	3,1±4,8	7 (3-11)	3 (1-5)	3 (0-6)	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,001</b>	0,912
OSATS points suture begin	25,8±4,6	25,8±4,7	25,2±5,6	26 (23-28)	25 (22-30)	24 (21-30)	0,902	0,490	0,476
OSATS points suture end	31,8±4,3	29,2±5,3	28,7±5,7	32 (28,5-34)	31 (26-32)	29 (24-31)	<b>0,028</b>	<b>0,006</b>	0,405
Difference OSATS points suture (begin - end)	6,0±4,2	3,3±3,2	3,5±3,5	5,5 (3-10)	4 (1-6)	3 (1-6)	<b>0,004</b>	<b>0,010</b>	0,783

**Table 2: Comparison of students in the pre-clinical and clinical semesters (DH=dominant hand, NDH=non-dominant hand, AT=alternative training, D=standard deviation, min=minimum, max=maximum)**

	Pre-clinic	Clinic	Pre-clinic	Clinic	p-value
n	62	62			Chi <sup>2</sup> -Test
Ratio female:male	4,63 : 1	4,45 : 1			0,649
Surgical experience	13	33			<b>&lt;0,001</b>
	Mean± SD		Median (Min-Max)		Wilcoxon-Test
Self-Assessment Knot-tying begin	3,6 ± 1,9	3,5 ± 2,0	4 (2-5)	4 (2-5)	0,976
Self-Assessment Knot-tying end	6,5 ± 1,9	6,5 ± 1,9	7 (5-8)	7 (5-8)	0,905
Difference Self-Assessment Knot-tying (begin - end)	2,9 ± 1,7	3,0 ± 2,4	2,5 (2-4)	3 (1-5)	0,714
Self-Assessment Suture Begin	3,6 ± 1,8	3,7 ± 2,2	4 (2-5)	4 (2-5)	0,727
Self-Assessment Suture end	6,3 ± 1,8	6,6 ± 1,8	6 (5-8)	7 (5-8)	0,338
Difference Self-Assessment suture (begin - end)	2,7 ± 2,9	2,9 ± 2,1	2 (2-4)	3 (1-4)	0,478
OSATS points Knot-tying begin	25,9 ± 6,3	25,5 ± 7,5	25 (20-31)	25 (19-30)	0,738
OSATS points Knot-tying end	29,5 ± 6,0	31,0 ± 6,5	30 (25-35)	31 (28-36)	0,118
Difference OSATS points Knot-tying (begin - end)	3,6 ± 4,8	5,5 ± 4,7	3 (1-6)	5 (2-8)	<b>0,030</b>
OSATS points suture begin	25,0 ± 4,7	26,2 ± 5,1	24 (21-28)	26 (23-30)	0,099
OSATS points suture end	29,2 ± 5,0	30,7 ± 5,4	30 (26-33)	31 (27-33)	0,257
Difference OSATS points suture (begin - end)	4,2 ± 4,3	4,5 ± 3,4	4 (1-8)	4 (2-7)	0,617

To answer the question of who benefited most from training, a subgroup analysis by learning gain was performed. Most students with a learning gain in knot tying technique and suturing technique ( $\geq 4$  OSATS points) received DH training (46.4% and 45.7%, respectively) (see table 3 and table 4).

Surprisingly here, more than half of the students with inferior training of the knot tying or suturing technique in terms of training with the NDH or AT were able to achieve a learning gain with their DH ( $\geq 4$  OSATS points) (53.6% and 54.3%, respectively; see also table 3 and table 4). Thus, learning gains seem to have been achieved here regardless of the type of training. This could be due to the structured feedback that students in all three groups received prior to training to enable correct execution of the procedure [23]. In this study, feedback was provided at the task level and at the process level. In particular, the corrective form of feedback used here is known to be effective and to promote the learning of a new skill [23], [24]. In our study, feedback also seems to have an impact on learning success. Since some of the students improved (22.9%) without having received adequate training [23], it is reasonable to assume that the learning gains were facilitated by the feedback. The learning gains observed in the NDH group, after training of the non-dominant hand, were likely due to intermanual transfer

and independent practice (“deliberate practice”) that occurred in these subjects in addition to the aforementioned role of feedback [25].

The learning gain after training of the DH is most likely due to independent practice, as during practice learners did not receive corrective feedback from a teacher [25]. However, independent practice did not lead to learning gains for all students (21.8% and 22.2%, respectively, see table 3 and table 4). It can be assumed that other factors such as psychomotor and cognitive skills as well as learner motivation likely play a role in this lack of learning success [26], [27].

The students with the lower learning growth started at a higher level with their knot tying technique prior to training when compared to the students with a greater learning growth (see table 3). A similar, though non-significant trend was also seen for the suturing technique. In multivariable linear regression, OSATS score at baseline was the only predictive factor for OSATS score after training (see table 5). Students with a higher initial score showed a flatter learning curve than students with a lower initial score. This phenomenon was also evident in other studies [27], where it was associated with achieving expert status. In our study, prior experience did not affect pre- or post-training OSATS score or learning gains (data not shown).

**Table 3: Comparison of students with large learning gains (4-5 OSATS points) with students with low learning gains (1-3 OSATS points) after training in the knot technique (Chi<sup>2</sup> test for group comparisons of binary data and Wilcoxon test for group comparisons of ordinal Data, DH=dominant hand, NDH=non-dominant hand, AT=alternative training, SD=standard deviation, min=minimum, max=maximum)**

	OSATS 4-5	OSATS 1-3	OSATS 4-5	OSATS 1-3	p-value
n	69	55			
Ratio female:male	3,6 : 1	5,11 : 1			0,452
Gr. DH	32 (46,4%)	12 (21,8%)			<b>0,005</b>
Gr. NDH	20 (29,0%)	23 (41,8 %)			0,136
Gr. AT	17 (24,6%)	20 (36,4%)			0,156
	Mean ± SD		Median (Min-Max)		
Self-Assessment Knot-tying begin	3,5 ± 1,9	3,6 ± 2,0	4 (1-5)	4 (2-5)	0,684
Self-Assessment Knot-tying end	6,5 ± 1,8	6,5 ± 2,0	7 (5-8)	7 (5-8)	0,835
Difference Self-Assessment Knot-tying (begin - end)	3,0 ± 2,1	2,9 ± 2,0	3 (2-4)	3 (2-4)	0,907
Self-Assessment Suture Begin	3,6 ± 2,0	3,7 ± 1,9	4 (2-5)	4 (2-5)	0,925
Self-Assessment Suture end	6,3 ± 1,8	6,6 ± 1,7	6 (5-8)	8 (6-8)	0,372
Difference Self-Assessment suture (begin - end)	2,7 ± 2,0	2,9 ± 1,9	3 (1-4)	2 (2-4)	0,722
OSATS points Knot-tying begin	23,5 ± 5,9	28,4 ± 7,1	24 (19-28)	30 (22-34)	<b>&lt;0,001</b>
OSATS points Knot-tying end	31,3 ± 5,4	28,9 ± 7,1	31 (28-26)	29 (23-34)	0,053
Difference OSATS points Knot-tying (begin - end)	7,8 ± 3,6	0,5 ± 2,6	7 (5-10)	1 (0-2)	<b>&lt;0,001</b>
OSATS points suture begin	25,3 ± 4,9	25,9 ± 4,9	25 (22-28)	26 (22-30)	0,501
OSATS points suture end	30,3 ± 4,9	29,5 ± 5,7	31 (27-33)	30 (25-33)	0,383
Difference OSATS points suture (begin - end)	5,0 ± 4,0	3,5 ± 3,6	3 (1-6)	3 (1-6)	<b>0,041</b>

Predictors for low or high learning gain could not be identified in binary logistic regression analysis.

Before and after training, students self-assessed their competence in knot tying and suturing techniques. Correlation analysis showed no relevant correlations between self-assessments and OSATS scores before or after training in the DH, NDH, and AT groups (data not shown). Studies on the predictive value of self-assessment are very heterogeneous. Some studies found a correlation between self-assessment and external assessment [28], [29], [30], whereas others did not [31], [32].

A possible limitation of the present study lies in the fact that not all causes that influence motor learning have been captured [33], especially individual factors such as the daily form of the investigated subjects [34]. Further limitations of the present study might be due to uncontrolled subjective influences in OSATS assessment. In addition, other relevant factors such as different prior

experiences of the students and their varying levels of interest in surgical techniques may not have been adequately considered.

Future studies that investigate the efficiency of the learning gain with the DH as a result of successive repetitions with the DH during training could use the CUSUM curve method to show the learning effect over consecutive repetitions over time. Indeed, handedness is a relevant issue in the operating room, as many surgical instruments such as scissors have been optimized for right-handers. An interesting question for further studies would therefore be how quickly and effectively left-handers can learn with their right hand to perform surgical steps as well as primary right-handers using instruments optimized for right-handers.

**Table 4: Comparison of students with large learning gains (4-5 OSATS points) with students with low learning gains (1-3 OSATS points) after training in the suturing technique (Chi<sup>2</sup> test for group comparisons of binary data and Wilcoxon test for group comparisons of ordinal Data, DH=dominant hand, NDH=non-dominant hand, AT=alternative training, SD=standard deviation, min=minimum, max=maximum)**

	OSATS 4-5	OSATS 1-3	OSATS 4-5	OSATS 1-3	p-value
n	70	54			
Ratio female:male	6,78 : 1	2,6 : 1			<b>0,037</b>
Gr. DH	32 (45,7%)	12 (22,2,%)			<b>0,007</b>
Gr. NDH	22 (31,4%)	21 (38,9%)			0,387
Gr. AT	16 (22,9%)	21 (38,9%)			0,053
	Mean ± SD		Median (Min-Max)		
Self-Assessment Knot-tying begin	3,7 ± 1,9	3,4 ± 2,0	4 (2-5)	4 (1-5)	0,335
Self-Assessment Knot-tying end	6,8 ± 1,7	6,0 ± 2,0	7 (6-8)	6 (5-8)	<b>0,027</b>
Difference Self-Assessment Knot-tying (begin - end)	3,2 ± 2,1	2,6 ± 1,9	3 (2-5)	2,5 (2-4)	0,333
Self-Assessment Suture Begin	3,7 ± 1,9	3,6 ± 2,0	4 (2-5)	4 (1-5)	0,691
Self-Assessment Suture end	6,8 ± 1,6	6,0 ± 1,9	7 (6-8)	6 (5-7)	<b>0,010</b>
Difference Self-Assessment suture (begin - end)	3,1 ± 2,0	2,4 ± 1,9	3 (2-5)	2 (1-4)	0,084
OSATS points Knot-tying begin	25,4 ± 7,2	26,0 ± 6,5	26 (19-31)	25 (20-30)	0,761
OSATS points Knot-tying end	31,1 ± 6,3	29,1 ± 6,1	31 (28-36)	30 (24-33)	0,059
Difference OSATS points Knot-tying (begin - end)	5,7 ± 5,0	3,1 ± 4,3	5 (2-9)	3 (1-7)	<b>0,032</b>
OSATS points suture begin	24,8 ± 4,6	26,6 ± 5,1	24 (22-28)	26 (22-31)	0,081
OSATS points suture end	31,9 ± 4,5	27,4 ± 5,2	31 (29-34)	27,5 (24-31)	<b>&lt;0,001</b>
Difference OSATS points suture (begin - end)	7,1 ± 2,6	0,8 ± 1,8	6,5 (5-9)	1 (0-2)	<b>&lt;0,001</b>

**Table 5: Linear regression with the endpoint OSATS value after training in the knot (OSATSKNNACH) and in the suture technique (OSATSNatNACH). The only significant predictor that could be included in the respective model was the OSATS value before the training (OSATSKNVOR or OSATSNatVOR). A separate model was calculated for each endpoint.**

Variable	Regressioncoefficient	Standard error	Beta	T	p-value
OSATSNatVOR	0,753	0,066	0,704	11,343	>0,001
OSATSKNVOR	0,661	0,054	0,731	12,276	>0,001

## Conclusions

This study shows that dominant hand training for surgical skills achieves the greatest learning gains in surgical knot tying and suturing techniques with the dominant hand. Furthermore, this study shows that learning gains can also be achieved for a proportion of students despite non-optimal training of the non-dominant hand or with alternative training. This is most likely due to structured feedback and deliberate, independent practice.

## Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

## Attachments

Available from <https://doi.org/10.3205/zma001630>

1. Attachment\_1.pdf (92 KB)

Supplementary tables

## References

- Shaharan S, Neary P. Evaluation of surgical training in the era of simulation. *World J Gastrointest Endosc.* 2014;16(9):436-447. DOI: 10.4253/wjge.v6.i9.436
- Fritz T, Stachel N, Braun BJ. Evidence in surgical training – a review. *Innov Surg Sci.* 2019;4(1):7-13. DOI: 10.1515/iss-2018-0026
- Fitts PM, Posner MI. Human performance. Basic concepts in psychology series. Belmont, Brooks: Cole Publishing Company; 1967.
- Feldman LS, Cao J, Andalib A, Fraser S, Freid GM. A method to characterize the learning curve for performance of a fundamental laparoscopic simulator task: defining “learning plateau” and “learning rate”. *Surgery.* 2009;146(2):381-386. DOI: 10.1016/j.surg.2009.02.021
- Lefumat HZ, Vercher JL, Miall RC, Cole J, Buloup F, Bringoux L, Bourdin C, Sarlegna FR. To transfer or not to transfer? Kinematics and laterality quotient predict interlimb transfer of motor learning. *J Neurophysiol.* 2015;114(5):2764-2774. DOI: 10.1152/jn.00749.2015
- Pereira EA, Raja K, Gamgavilli R. Effect of training on interlimb transfer of dexterity skills in healthy adults. *Am J Phys Med Rehabil.* 2011;90(1):25-34. DOI: 10.1097/PHM.0b013e3181fc7f6f
- Barss TS, Klarner T, Pearcey GE, Sun Y, Zehr EP. Time course of interlimb strength transfer after unilateral handgrip training. *J Appl Physiol.* 2018;125(5):1594-608. DOI: 10.1152/jappphysiol.00390.2017
- Halsted WS. The training of the surgeon. *JAMA.* 1904;XLIII(21):1553-1554. DOI: 10.1001/jama.1904.02500210043006
- Seifert LB, Schnurr B, Stefanescu MC, Sader R, Ruesseler M, Sterz J. Comparing video-based versions of Halsted's 'see one, do one' and Peyton's '4-step approach' for teaching surgical skills: a randomized controlled trial. *BMC Med Educ.* 2020;20(1):194. DOI: 10.1186/s12909-020-02105-5
- 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
- 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
- Peyton JW. Teaching and learning in medical practice. Heronsgate, Rickmansworth: Manticore Books; 1998.
- 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
- Martin JA, Regehr G, Reznick R, MacRae H, Murnaghan J, Hutchinshon C, Brown M. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. *Br J Surg.* 1997;84(2):273-278. DOI: 10.1046/j.1365-2168.1997.02502.x
- Gallagher AG, O'Sullivan GC, Leonard G, Bunting BP, McGlase KJ. Objective structured assessment of technical skills and checklist scales reliability compared for high stakes assessments. *ANZ J Surg.* 2014;84(7-8):568-573. DOI: 10.1111/j.1445-2197.2012.06236.x
- Van Hove PD, Tuijthof GJ, Verdaasdonk EG, Stassen LP, Dankelman J. Objective assessment of technical surgical skills. *Br J Surg.* 2010;97(7):972-987. DOI: 10.1002/bjs.7115
- Hopmans CJ, Den Hoed PT, van der Lann L, van der Harst E, van der Elst M, Mannaerts GH, Dawson I, Timman R, Wijnhoven BP, IJzermans JN. Assessment of surgery residents' operative skills in the operating theater using a modified Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS). A prospective multicenter Study. *Surgery.* 2014;156(5):1078-1088. DOI: 10.1016/j.surg.2014.04.052
- Lord JA, Zuege DJ, Mackay MP, des Ordon AR, Lockyer J. Picking the Right Tool for the Job: A Reliability Study of 4 Assessment Tools for Central Venous Catheter Insertion. *J Grad Med Educ.* 2019;11(4):422-4290. DOI: 10.4300/JGME-D-19-00107.1
- Sattler JB. Zur Testung der Linkshändigkeit. *Left Hand Corner.* 1998;2:6-12.
- van Empel PJ, Verdam MG, Huirne JA, Bponjer HJ, Meijerink WJ, Scheele F. Open knot-tying skills: Resident skills assessed. *J Obstet Gynaecol Res.* 2013;39(5):1030-1036. DOI: 10.1111/jog.12011
- Stockinger C, Thüner B, Stein T. Consecutive learning of opposing unimanual motor tasks using the right arm followed by the left arm causes intermanual interference. *PLoS One.* 2017;12(5):e0176594. DOI: 10.1371/journal.pone.0176594
- Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, Lee M, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *J Appl Physiol.* (1985). 2006;101(5):1514-1522. DOI: 10.1152/jappphysiol.00531.2006
- Hattie J, Timperley H. The power of feedback. *Rev Educ Res.* 2007;77(1):81-112. DOI: 10.3102/003465430298487
- Wisniewski B, Zierer K, Hattie J. The Power of Feedback Revisited: A Meta-Analysis of Educational Feedback Research. *Front Psychol.* 2020;10:3087. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.03087
- Ericsson KA, Krampe RT, Tesch-Roemer C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychol Rev.* 1993;100(3):363-406. DOI: 10.1037/0033-295X.100.3.363
- Ackermann PL, Cianciolo AT. Cognitive ,perceptual-speed and psychomotor determinants of individual differences during skill acquisition. *J Exp Psychol Appl.* 2000;6(4):259-290. DOI: 10.1037//1076-898X.6.4.259
- Groenier M, Groenier KH, Miedema HA, Broeders IA. Perceptual Speed and Psychomotor Ability Predict Laparoscopic Skill Acquisition on a Simulator. *J Surg Educ.* 2015;72(6):1224-1232. DOI: 10.1016/j.jsurg.2015.07.006
- Ganni S, Chmarra MK, Goossens RH, Jakimowicz JJ. Self-assessment in laparoscopic surgical skills training: is it reliable? *Surg Endosc.* 2017;31(6):2451-2456. DOI: 10.1007/s00464-016-5246-6
- Rogers DA, Regehr G, Howdieshell TR, Yeh KA, Palm E. The impact of external feedback on computer-assisted learning for surgical technical skill training. *Am J Surg.* 2000;179(4):341-343. DOI: 10.1016/s0002-9610(00)00341-x
- Mandel LS, Goff BA, Lentz GM. Self-assessment of resident surgical skills: is it feasible? *Am J Obstet Gynecol.* 2005;193(5):1817-1822. DOI: 10.1016/j.ajog.2005.07.080
- Pandey VA, Holfe JH, Black SA, Cairols M, Liapis CD, Bergqvist D; European Board of Vascular Surgery. Self-assessment of technical skill in surgery: the need for expert feedback. *Ann R Coll Surg Engl.* 2008;90(4):286-290. DOI: 10.1308/003588408X286008
- Martin D, Regehr G, Hodges B, McNaughton N. Using videotaped benchmarks to improve the self-assessment ability of family practice residents. *Acad Med.* 1998;73(11):1201-1206. DOI: 10.1097/00001888-199811000-00020



33. Kiran F, Javaid A. Students' perceptions of factors for academic failure in pre-clinical years of a medical school. *J Pak Med Assoc.* 2020;70(5):803-808. DOI: 10.5455/JPMA.19548
34. Hsu JL, Goldsmith GR. Instructor Strategies to Alleviate Stress and Anxiety among College and University STEM Students. *CBE Life Sci Educ.* 2021;20(1):es1. DOI: 10.1187/cbe.20-08-0189
35. Friedrich M, Ober J, Haubruck P, Bergdolt C, Bruckner T, Kowalewski KF, Kadmon M, Müller-Stich BP, Tanner MC, Nickel F. Pilot evaluation of an objective structured assessment of technical skills tool for chest tube insertion. *GMS J Med Educ.* 2018;35(4):Doc48. DOI: 10.3205/zma001194
36. Molinas CR, Binda MM, Campo R. Dominant hand, non-dominant hand, or both? The effect of pre-training in hand-eye coordination upon the learning curve of laparoscopic intra-corporeal knot tying. *Gynecol Surg.* 2017;14(1):12. DOI: 10.1186/s10397-017-1015-3
37. Fleishman EA. Human abilities and the acquisition of skill: Comments on professor Jones' paper. In: Bilodeau EA, editor. *Acquisition of skill.* New York: Academic Press; 1966. p147-167.
38. Fleishman EA. On the relation between abilities, learning, and human performance. *Am Psychol.* 1972;27(11):1017-1032. DOI: 10.1037/h0033881
39. Fleishman EA, Quaintance MK, Broedling LA. *Taxonomies of human performance: The description of human tasks.* New York: Academic Press; 1984.
40. Ackermann PL. Determinants of individual differences during skill acquisition: Cognitive abilities and information processing. *J Exper Psychol.* 1988;117(3):288-318. DOI: 10.1037/0096-3445.117.3.288
41. Romero P, Günther P, Kowalewski KF, Friedrich M, Schmidt MW, Trent SM, De La Garza JR, Müller-Stich BP, Nickel F. Halsted's „see one, do one, and teach one“ versus Peyton's four-step approach: a randomized trial for training of laparoscopic suturing and knot tying. *J Surg Educ.* 2018;75(2):510-515. DOI: 10.1016/j.jsurg.2017.07.025
42. Sawyer T, White M, Zaveri P, Chang T, Ades A, French H, Anderson J, Auerbach M, Johnston L, Kessler D. Learn, see, practice, prove, do, maintain: an evidence-based pedagogical framework for procedural skill training in medicine. *Acad Med.* 2015;90(8):1025-1033. DOI: 10.1097/ACM.0000000000000734
43. Mansoorian MR, Hosseiny MS, Khosravan S, Alami A, Alaviani M. Comparing the Effects of Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS) and Traditional Method on Learning of Students. *Nurs Midwifery Stud.* 2015;4(2):e27714. DOI: 10.17795/nmsjournal27714

**Corresponding author:**

PD Dr. Wolf Ramackers, MME  
Hannover Medical School, General, Visceral and  
Transplant Surgery, Carl-Neuberg-Str. 1, D-30625  
Hannover, Germany  
Ramackers.wolf@mh-hannover.de

**Please cite as**

Dasci S, Schrem H, Oldhafer F, Beetz O, Kleine-Döpke D, Vondran F, Beneke J, Sarisin A, Ramackers W. *Learning surgical knot tying and suturing technique – effects of different forms of training in a controlled randomized trial with dental students.* *GMS J Med Educ.* 2023;40(4):Doc48.  
DOI: 10.3205/zma001630, URN: urn:nbn:de:0183-zma0016309

**This article is freely available from**

<https://doi.org/10.3205/zma001630>

**Received:** 2022-08-08

**Revised:** 2022-12-22

**Accepted:** 2023-03-03

**Published:** 2023-06-15

**Copyright**

©2023 Dasci 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/>.

# Erlernen der chirurgischen Knoten- und Nahttechnik – Effekte verschiedener Trainingsformen in einer kontrolliert-randomisierten Studie mit Studierenden der Zahnmedizin

## Zusammenfassung

**Zielsetzung:** Der Erwerb chirurgischer Fertigkeiten erfordert motorisches Lernen. Eine Sonderform davon ist der intermanuelle Transfer durch Übertragung motorischer Fertigkeiten von der nicht-dominanten Hand (NDH) auf die dominante Hand (DH). Mit Hilfe dieser Studie sollte ermittelt werden, welcher Lernzuwachs durch ein Training mit der DH, der NDH und durch ein nicht-chirurgisches, alternatives Training (AT) für die DH erzielt werden kann.

**Methodik:** 124 Studierende des vorklinischen (n=62) und des klinischen Studienabschnitts (n=62) der Zahnmedizin absolvierten ein Training der Naht- und Knotentechnik mit der DH, mit der NDH und ein AT in einer kontrolliert randomisierten Studie.

**Ergebnisse:** Ein statistisch signifikanter Lernzuwachs in der Knoten- und Nahttechnik mit der DH zeigte sich nur nach dem Training mit der DH im Vergleich zum Training mit der NDH ( $p < 0,001$  bzw.  $p = 0,004$ ) und einem AT ( $p = 0,001$  bzw.  $p = 0,010$ ). In der Subgruppenanalyse nach Lernzuwachs mit der DH in der Knotentechnik ( $\geq 4$  Punkte) profitierten 46,4% (n=32) von einem Training mit der DH, 29,0% (n=20) von einem Training mit der NDH und 24,6% (n=17) von einem AT. Bei der Nahttechnik mit der DH profitierten 45,7% (n=32) von einem Training mit der DH, 31,4% (n=22) von einem Training mit der NDH und 22,9% (n=16) von einem AT.

**Schlussfolgerungen:** Ein Training mit der DH zeigte einen statistisch signifikanten Lernzuwachs bei der chirurgischen Knoten- und Nahttechnik mit der DH.

**Schlüsselwörter:** motorisches Lernen, intermanueller Transfer, Nahttechnik, Knotentechnik, OSATS

## Einleitung

In der operativen Medizin ist das Erlernen chirurgischer Fertigkeiten von zentraler Bedeutung. Während früher die chirurgischen Basisfertigkeiten wie Naht und Knoten im Operationssaal am Patienten erlernt wurden, erfolgt dieses nun an Modellen, mit dem Vorteil der für die Lernenden geeigneteren Lernumgebung und der Patientensicherheit [1]. Durch dieses Vorgehen können sich die Lernenden nach dem Erwerb der Basisfertigkeiten auf die komplexen operativen Prozeduren im Operationssaal fokussieren [2]. Dieser Lernprozess ist dem motorischen Lernen zuzuordnen und erfolgt mehrstufig von der kogni-

tiven Phase, bei der die Bewegungsabläufe zunächst verstanden werden müssen, über die integrative Phase der Anwendung unter kognitiver Kontrolle bis hin zur autonomen Phase, bei der die Prozeduren ohne Nachdenken ausgeführt werden können [3].

Beim Training chirurgischer Fertigkeiten wird überwiegend die dominante Hand (DH) trainiert [4]. Eine Übertragung der motorischen Fähigkeiten von der (DH) auf die nicht-dominante Hand (NDH) und umgekehrt ist möglich [5], [6]. Dieser intermanuelle Transfer ist eine neuronale Funktion, bei der durch das Training einer Körperseite die gelernte Funktion auf die andere Körperseite übertragen wird. Diese Strategie wird in der Rehabilitation bei Trauma oder Schlaganfällen angewandt [7]. Der interma-

Sükran Dasci<sup>1</sup>  
Harald Schrem<sup>2</sup>  
Felix Oldhafer<sup>1</sup>  
Oliver Beetz<sup>1</sup>  
Dennis Kleine-Döpke<sup>1</sup>  
Florian Vondran<sup>1</sup>  
Jan Beneke<sup>3</sup>  
Akin Sarisin<sup>1</sup>  
Wolf Ramackers<sup>1</sup>

1 Medizinische Hochschule Hannover, Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie, Hannover, Deutschland

2 Medizinische Universität Graz, Abteilung für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie, Graz, Österreich

3 Medizinische Hochschule Hannover, Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie, Hannover, Deutschland

nuelle Transfer kann auch beim motorischen Lernen eingesetzt werden, indem die nicht-dominante Hand trainiert wird, um die dominante Hand zu verbessern. Traditionell werden chirurgische Fertigkeiten nach der Halsted-Methode („See one, do one teach one“) vermittelt. Dabei sollen die Lernenden nach Beobachtung der zu erlernenden Prozedur in der Lage sein, diese selbst auszuführen. Im nächsten Schritt sollen sie diese Prozedur vermitteln können [8]. Aufgrund der Fehlermöglichkeiten und unter dem Aspekt der Patientensicherheit wird diese Methode als nicht mehr zeitgemäß angesehen [9]. Eine Alternative für die Vermittlung komplexer Fertigkeiten in der Medizin ist die 4-Schritt-Methode nach Peyton [10], [11], [12]. Dieses 4-Stufen-Modell besteht aus den Schritten Demonstration, Dekonstruktion, Verständnis und Durchführung [12]. Bei der Demonstration wird den Lernenden die zu erlernende Prozedur im Gesamten kommentarlos vorgeführt. Während der Dekonstruktion wiederholen Lehrende die Vorführung mit einer Erklärung aller notwendigen Teilschritte. Der dritte Schritt beinhaltet die Durchführung der Prozedur durch Lehrende unter Anweisung von Lernenden, um das notwendige Verständnis zu erzielen. Im vierten Schritt führen die Lernenden die gesamte Prozedur eigenständig durch [13]. Neben der standardisierten Vermittlung chirurgischer Fertigkeiten ist eine möglichst objektive Beurteilung dieser Fertigkeiten und damit des Lernzuwachses notwendig [14]. Dies kann durch eine auf Checklisten basierende, strukturierte Bewertung erfolgen, wie dem OSATS (Objective Structured Assessment of Technical Skills) [15], [16], [17]. Dieser Ansatz hat sich für die Bewertung chirurgischer Fertigkeiten durchgesetzt [16]. Die Bewertung wird anhand einer Checkliste durchgeführt, die aus einer Global Rating Scale und einer prozedur-spezifischen Checkliste besteht [14]. Der OSATS ist ein Messinstrument mit einer hohen Reliabilität und Validität [18]. Diese Arbeit untersucht erstmalig den Lernzuwachs bei Studierenden der Zahnmedizin mit der DH in der offenen Naht- und Knotentechnik am Modell, der durch ein Training mit der DH, der NDH und durch ein AT, bei dem es sich nicht um spezifisches chirurgisches Training handelt, erzielt werden kann. Darüber hinaus wird untersucht, welche Lernenden den größten Lernzuwachs erreichen konnten. Die hier untersuchte Forschungsfrage ist, ob im Rahmen des intermanuellen Transfers mit einem Training der NDH oder einem AT ähnlich gute Lernzuwächse wie mit einem Training der dominanten Hand mit der DH erreicht werden können. Diese Fragestellung ist relevant, um moderne Lehrmethoden für chirurgische Fertigkeiten am Modell in ihrer Effektivität und Effizienz besser verstehen und besser quantifizieren zu können. Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen Erkenntnisse über den intermanuellen Transfer von motorischen Fähigkeiten beim Erlernen chirurgischer Basisfähigkeiten am Modell liefern und diese möglichst objektiv quantifizieren.

## Methoden

In der Zeit von Dezember 2016 bis Juli 2019 wurde im Rahmen einer kontrolliert-randomisierten Studie bei 124 Studierenden des vorklinischen und des klinischen Studienabschnitts der Zahnmedizin ein chirurgisches Training in der Knoten- und Nahttechnik durchgeführt. Dieser Knoten- und Nahtkurs wurde ausschließlich im Rahmen dieser Studie als freiwillige Lehrveranstaltung angeboten. Die Fallzahlberechnung wurde mit einem Alphaniveau von 0.05, einer Power von 0.8 und einer angenommenen mittleren Effektstärke mit einem Cohens d von 0.5 durchgeführt. Hieraus ergab sich eine Gruppengröße von 64 bzw. insgesamt 128 Studierenden. Für diese Berechnung wurde folgender Online-Rechner verwendet: [<https://statistikguru.de/rechner/cohens-d-gepaartert-test.html>]. Eine statistische Zwischenauswertung zeigte, dass aufgrund der größeren Effektstärke die anfangs avisierten 128 Probanden nicht benötigt wurden und somit die Rekrutierung bei 124 Probanden bereits beendet werden konnte.

Die Arbeit erfolgte als kontrollierte, randomisierte prospektive Studie. Alle Probanden haben vor Beginn in die Studienteilnahme und die Verwendung der erhobenen Daten eingewilligt. Die chirurgische Knotentechnik wurde an Knotenbrettern und die Nahttechnik als Einzelknopfnah an Nahtpads geübt.

Vor dem Training wurde ein Screening zur Bestimmung der Händigkeit mit dem Fragebogen nach Sattler anhand von Alltagstätigkeiten durchgeführt [19]. Hierbei ist anzugeben, mit welcher Hand (links, rechts, beide) diese Tätigkeiten bevorzugt ausgeübt werden. Dieser Fragebogen behandelt spontane, nicht von Erziehung oder Umwelt geprägte Tätigkeiten [19].

Das Training erfolgte nach der 4-Schritt-Methode nach Peyton. Im ersten Schritt wurde den Studierenden in Echtzeit vorgeführt, wie ein chirurgischer Knoten bzw. wie eine chirurgische Naht durchgeführt werden. Im zweiten Schritt erfolgte eine langsame Vorführung in Einzelschritten mit genauer Erklärung. Im dritten Schritt führte der Lehrende nach Anweisungen der Studierenden chirurgische Knoten bzw. Naht durch. Im vierten Schritt führten die Lernenden Knoten bzw. Naht vor. Anschließend erfolgte eine Beurteilung der Naht- und der Knotentechnik mit der dominanten Hand mit dem OSATS. Auf Grundlage der OSATS-Bewertung (Anfangsmessung) erhielten die Studierenden ein strukturiertes Feedback [14]. Zusätzlich führten die Studierenden eine Selbsteinschätzung ihrer Kompetenz in der Naht- und der Knotentechnik auf einer Skala von 1 bis 10 Punkten durch [20]. Für die anschließende Trainingsphase wurden die Studierenden in drei Gruppen randomisiert. Für die Randomisierung wurden gleich verteilte, identisch aussehende Lose von den Studierenden gezogen, die jeden einzelnen Studierenden mit gleicher Wahrscheinlichkeit den jeweiligen Trainingsgruppen (DH, NDH, oder AT) zuteilte. In Gruppe DH wurde die Knoten- und die Nahttechnik mit der dominanten Hand trainiert. In Gruppe NDH erfolgte ein Training mit der nicht-dominanten Hand und in Gruppe AT absol-

vierten die Lernenden ein alternatives Training. Dieses beinhaltete, mit der nicht-dominanten Hand einen Satz zu schreiben und ein Labyrinth nachzuzeichnen. Die Übungen in den jeweiligen Gruppen wurden zwanzigmal ohne zusätzliches Selbsttraining wiederholt. Die Anzahl der Wiederholungen wurde auf der Basis einer Vorstudie ermittelt. Direkt nach der letzten Wiederholung erfolgten die OSATS-Abschussmessungen. Die Bewerter waren chirurgische Assistenzärzte, die mit dem OSATS trainiert wurden. Die Trainer und die OSATS-Bewerter waren unterschiedliche Personen, die voneinander unabhängig agierten,

Die Lernenden führten nach der Trainingsphase eine erneute Selbsteinschätzung ihrer Fertigkeiten durch. Der Lernzuwachs wurde als Differenz zwischen dem OSATS-Score vor und nach der Trainingsphase ermittelt.

Die Bewertung der Fähigkeiten und deren Qualität nach dem OSATS erfolgte nach den Kriterien:

1. Umgang mit dem Gewebe,
2. Bewegung,
3. Umgang mit dem Faden,
4. Flüssigkeit,
5. theoretische Kenntnisse,
6. Knoten,
7. Ergebnis und
8. Gesamtbewertung.

Pro Kriterium können zwischen einem Punkt für eine schlechte Leistung und fünf Punkten für eine sehr gute Leistung vergeben werden (siehe Anhang 1, ergänzende Tabellen S1, S2).

Als Lernzuwachs wurde in einer nachfolgenden Analyse eine Verbesserung im OSATS-Score von 4 oder mehr Punkten definiert, da eine signifikante Verbesserung des OSATS-Scores beim Training mit der DH beobachtet wurde mit einer medianen OSATS-Zunahme von 7 Punkten bei der Knotentechnik und einer medianen OSATS-Zunahme von 5,5 Punkten bei der Nahttechnik während die mediane OSATS-Zunahme nach einem Training mit der NDH oder einem AT von jeweils 3 Punkten für die Knotentechnik und 4 bzw. 3 Punkten für Nahttechnik festgestellt wurde. Anhand dieses Merkmals wurden zwei Gruppen Studierender gebildet, um die Eigenschaften der Teilnehmer näher charakterisieren zu können, die einen Lernerfolg hatten.

Zur Testung der diskreten Variablen auf Normalverteilung wurden der Kolmogorov-Smirnov und der Shapiro-Wilk Test eingesetzt. Sofern einer der beiden Tests das jeweilige Signifikanzniveau erreichte (Kolmogorov-Smirnov  $p < 0.010$  oder Shapiro-Wilk  $p < 0.01$ ), wurde eine nicht parametrische Verteilung angenommen. Da mehrere Variablen nicht parametrisch verteilt waren, wurde für zweiseitige Gruppenvergleiche der Wilcoxon-Rang-Summen-Test zur Ermittlung der Signifikanzniveaus angewandt. Für binäre Variablen wurden Signifikanzniveaus durch den Chi<sup>2</sup>-Test ermittelt. Der Schwellenwert zur Bewertung der Signifikanz wurde mit  $p < 0.05$  festgelegt.

Um Korrelationen zwischen den Parametern zu ermitteln, wurde eine Korrelationsmatrix erstellt. Eine Korrelation

zwischen zwei Variablen wurde als  $|r| > 0.500$  definiert. Durch eine binär logistische Regressionsanalyse sollten Prädiktoren zum Lernzuwachs identifiziert werden. Es wurde eine Regression mit dem Endpunkt „Lernzuwachs“ ( $OSATS \geq 4$ ). Um Prädiktoren für den Lernzuwachs und dem OSATS-Wert nach dem Training zu identifizieren, wurde eine multivariable lineare Regressionsanalyse durchgeführt.

## Ergebnisse

81,5% der Studierenden waren weiblich und 18,5% männlich ( $p < 0,001$ ).

Ein statistisch signifikanter Lernzuwachs in der Knoten- und Nahttechnik mit der DH zeigte sich nur in der Gruppe DH im Vergleich zu den Gruppen NDH und AT. Der Lernzuwachs (Differenz OSATS) in der Knoten- und Nahttechnik mit der DH zwischen den Gruppen NDH und AT unterschied sich nicht signifikant (siehe Tabelle 1). Der OSATS-Wert nach dem Training (OSATS Ende) war mit der DH statistisch signifikant höher in der Gruppe DH im Vergleich zu AT in der Knotentechnik und signifikant höher als in der Gruppe AT und NDH in der Nahttechnik (siehe Tabelle 1). Bei der Selbsteinschätzung der Knotentechnik mit der DH (Selbsteinschätzung Knoten Ende) war nach dem Training der Wert signifikant höher in der Gruppe DH im Vergleich zum AT (siehe Tabelle 1).

In der Subgruppenanalyse nach Studienabschnitt (Vorklinik vs. Klinik) zeigte sich statistisch eine signifikant häufiger angegebene Vorerfahrung mit der Knoten- und Nahttechnik bei Studierenden im klinischen Abschnitt. Studierende im klinischen Abschnitt erreichten einen statistisch signifikant höheren Lernzuwachs in der Knotentechnik mit der DH im Vergleich zu Studierenden des vorklinischen Studienabschnittes unabhängig von der Art des angewandten Trainings (Differenz OSATS Knoten) (siehe Tabelle 2).

Die meisten Studierenden mit einem Lernzuwachs mit der DH in der Knotentechnik ( $> 4$  OSATS-Punkte) hatten gemäß der Subgruppenanalyse ein Training mit der DH (46,4%) (siehe Tabelle 3). Diese Beobachtung konnte auch analog beim Training der Nahttechnik verzeichnet werden (siehe Tabelle 4).

## Diskussion

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass bei Studierenden der Zahnmedizin der größte Lernzuwachs bei einem Training mit der DH sowohl in der Naht- als auch in der Knotentechnik beobachtet werden kann (siehe Tabelle 1). Dass der größte Lernzuwachs mit dem Training der DH zu verzeichnen war, ist nicht überraschend und deckt sich mit den Ergebnissen anderer Studien [5], [6]. Ein statistisch signifikanter Lernzuwachs konnte bei der NDH und dem AT nicht beobachtet werden. Dies ist überraschend, da durch einen intermanuellen Transfer von der trainierten NDH auf die DH ein größerer

Tabelle 1: Vergleiche der Gruppen DH, NDH und AT (DH=dominante Hand, NDH=nicht-dominante Hand, AT=alternatives Training, SD=Standardabweichung, Min= Minimum, Max=Maximum)

	DH	NDH	AT	DH	NDH	AT	DH vs. NDH	DH vs. AT	NDH vs. AT
n	44	43	37				Chi <sup>2</sup> -Test, p-Werte		
Verhältnis Frauen: Männer	3,0:1	5,14:1	5,17:1				0,315	0,333	0,994
	Mittelwert ± SD			Median (Min-Max)			Wilcoxon-Test, p-Werte		
Selbsteinschätzung Knoten Anfang	3,8±1,8	3,8±2,1	3,1±2,0	4 (2-5)	4 (2-6)	2 (1-5)	0,952	0,101	0,115
Selbsteinschätzung Knoten Ende	6,9±1,8	6,4±2,0	6,1±1,8	7 (6-8)	7 (5-8)	6 (5-7)	0,299	<b>0,029</b>	0,286
Differenz Selbsteinschätzung Knoten (Ende - Anfang)	3,1±1,8	2,7±2,4	3,0±1,9	3 (2-4,5)	2 (1-5)	3 (2-4)	0,437	0,686	0,686
Selbsteinschätzung Naht Anfang	3,8±1,9	3,8±2,0	3,3±2,0	4 (2-5)	4 (2-5)	4 (1-5)	0,745	0,123	0,287
Selbsteinschätzung Naht Ende	6,8±1,8	6,3±1,9	6,3±1,7	8 (6-8)	6 (5-8)	6 (5-8)	0,211	0,178	0,961
Differenz Selbsteinschätzung Naht (Ende - Anfang)	2,9±1,7	2,5±2,5	3,0±1,8	3 (2-4)	3 (1-4)	3 (2-4)	0,616	0,814	0,509
Punkte OSATS Knoten Anfang	25,5±6,2	27,1±7,0	24,2±7,4	25 (20,5-30)	26 (22-30)	22 (19-31)	0,276	0,548	0,146
Punkte OSATS Knoten Ende	32,8±4,4	30,2±6,2	27,3±7,0	32 (29,5-36,5)	30 (26-35)	28 (23-32)	0,055	<b>&lt;0,001</b>	0,076
Differenz OSATS Knoten (Ende - Anfang)	7,3±,0	3,0±3,4	3,1±4,8	7 (3-11)	3 (1-5)	3 (0-6)	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,001</b>	0,912
Punkte OSATS Naht Anfang	25,8±4,6	25,8±4,7	25,2±5,6	26 (23-28)	25 (22-30)	24 (21-30)	0,902	0,490	0,476
Punkte OSATS Naht Ende	31,8±4,3	29,2±5,3	28,7±5,7	32 (28,5-34)	31 (26-32)	29 (24-31)	<b>0,028</b>	<b>0,006</b>	0,405
Differenz OSATS Naht (Ende - Anfang)	6,0±4,2	3,3±3,2	3,5±3,5	5,5 (3-10)	4 (1-6)	3 (1-6)	<b>0,004</b>	<b>0,010</b>	0,783

**Tabelle 2: Vergleich der Studierenden der vorklinischen und klinischen Semester (DH=dominante Hand, NDH=nicht-dominante Hand, AT=alternatives Training, SD=Standardabweichung, Min= Minimum, Max=Maximum)**

	Vorklinik	Klinik	Vorklinik	Klinik	p-Werte
n	62	62			Chi <sup>2</sup> -Test
Verhältnis Frauen: Männer	4,63 : 1	4,45 : 1			0,649
Vorerfahrung	13	33			<b>&lt;0,001</b>
	Mittelwert ± SD		Median (Min-Max)		Wilcoxon-Test
Selbsteinschätzung Knoten Anfang	3,6 ± 1,9	3,5 ± 2,0	4 (2-5)	4 (2-5)	0,976
Selbsteinschätzung Knoten Ende	6,5 ± 1,9	6,5 ± 1,9	7 (5-8)	7 (5-8)	0,905
Differenz Selbsteinschätzung Knoten (Ende - Anfang)	2,9 ± 1,7	3,0 ± 2,4	2,5 (2-4)	3 (1-5)	0,714
Selbsteinschätzung Naht Anfang	3,6 ± 1,8	3,7 ± 2,2	4 (2-5)	4 (2-5)	0,727
Selbsteinschätzung Naht Ende	6,3 ± 1,8	6,6 ± 1,8	6 (5-8)	7 (5-8)	0,338
Differenz Selbsteinschätzung Naht (Ende - Anfang)	2,7 ± 2,9	2,9 ± 2,1	2 (2-4)	3 (1-4)	0,478
Punkte OSATS Knoten Anfang	25,9 ± 6,3	25,5 ± 7,5	25 (20-31)	25 (19-30)	0,738
Punkte OSATS Knoten Ende	29,5 ± 6,0	31,0 ± 6,5	30 (25-35)	31 (28-36)	0,118
Differenz OSATS Knoten (Ende - Anfang)	3,6 ± 4,8	5,5 ± 4,7	3 (1-6)	5 (2-8)	<b>0,030</b>
Punkte OSATS Naht Anfang	25,0 ± 4,7	26,2 ± 5,1	24 (21-28)	26 (23-30)	0,099
Punkte OSATS Naht Ende	29,2 ± 5,0	30,7 ± 5,4	30 (26-33)	31 (27-33)	0,257
Differenz OSATS Naht (Ende - Anfang)	4,2 ± 4,3	4,5 ± 3,4	4 (1-8)	4 (2-7)	0,617

Lernzuwachs zu erwarten gewesen wäre. Der intermanuelle Transfer ist durch andere Untersuchungen von der DH auf die NDH und umgekehrt bekannt [21], [22]. Der Effekt des intermanuellen Transfers von der NDH auf die DH ist hierbei allerdings abhängig von der Trainingsintensität [21], [22]. In unserer Studie konnte kein statistisch signifikanter Lernzuwachs in der Gruppe NDH im Vergleich zum AT als Ausdruck eines intermanuellen Transfers von der NDH auf die DH beobachtet werden (siehe Tabelle 1). Eine mögliche Ursache könnte die im Vergleich zu anderen Studien geringere Anzahl der Wiederholungen während des Trainings sein [21]. Für einen erfolgreichen intermanuellen Transfer konnte gezeigt werden, dass die Anzahl der Wiederholungen entscheidend ist [7]. Die Studierenden des vorklinischen und klinischen Studienabschnitts unterschieden sich in den untersuchten Parametern nicht signifikant bis auf den Lernzuwachs in der Knotentechnik. Hier zeigte sich ein Lernzuwachs bei den Studierenden des klinischen Studienabschnitts (siehe Tabelle 2). Diese Beobachtung kann möglicherweise mit dem Effekt des motorischen Lernens durch das Sammeln von praktischen Erfahrungen im klinischen Setting erklärt werden. Obwohl in beiden Gruppen der OSATS-Score vor dem Training nicht signifikant unterschiedlich war, scheint das erworbene Vorwissen den Lernprozess unterstützt zu haben. Bei der Nahttechnik

hingegen schien das Vorwissen keinen Einfluss zu haben. Das könnte an der unterschiedlichen Komplexität von Knoten und Naht und der Qualität des Vorwissens liegen. In Abhängigkeit der Komplexität wird eine höhere Anzahl an Wiederholungen benötigt um eine Prozedur zu erlernen.

Zur Beantwortung der Frage, wer am meisten von dem Training profitiert hat, wurde eine Subgruppenanalyse nach Lernzuwachs vorgenommen. Die meisten Studierenden einem Lernzuwachs in der Knotentechnik- und Nahttechnik ( $\geq 4$  OSATS-Punkte) erhielten ein Training der DH (46,4% bzw. 45,7%) (siehe Tabelle 3 und Tabelle 4)

Überraschend hierbei ist, dass jeweils über die Hälfte der Studierenden mit einem unterlegenen Training der Knoten- oder der Nahttechnik im Sinne eines Trainings mit der NDH oder AT einen Lernzuwachs ( $\geq 4$  OSATS-Punkte) erzielen konnten (53,6% bzw. 54,3%, siehe auch Tabelle 3 und Tabelle 4).

Somit scheint hier ein Lernzuwachs unabhängig von der Art des Trainings erzielt worden zu sein. Das könnte am strukturierten Feedback liegen, das die Studierenden in allen drei Gruppen vor dem Training erhalten haben, um eine korrekte Ausführung der Prozedur zu ermöglichen [23]. In dieser Studie erfolgte das Feedback auf der Aufgaben- und auf der Prozessebene. Insbesondere die hier

**Tabelle 3: Vergleich der Studierenden mit großem Lernzuwachs (4-5 OSATS-Punkte) mit Studierenden mit niedrigem Lernzuwachs (1-3 OSATS-Punkte) nach dem Training der Knotentechnik (Chi<sup>2</sup>-Test für die Gruppenvergleiche binärer Daten und Wilcoxon-Test für die Gruppenvergleiche der ordinaler Daten, DH=dominante Hand, NDH=nicht-dominante Hand, AT=alternatives Training, SD=Standardabweichung, Min= Minimum, Max=Maximum)**

	OSATS 4-5	OSATS 1-3	OSATS 4-5	OSATS 1-3	p-Werte
n	69	55			
Verhältnis Frauen:Männer	3,6 : 1	5,11 : 1			0,452
Gr. DH	32 (46,4%)	12 (21,8%)			<b>0,005</b>
Gr. NDH	20 (29,0%)	23 (41,8 %)			0,136
Gr. AT	17 (24,6%)	20 (36,4%)			0,156
	Mittelwerte ± SD		Median (Min-Max)		
Selbsteinschätzung Knoten Anfang	3,5 ± 1,9	3,6 ± 2,0	4 (1-5)	4 (2-5)	0,684
Selbsteinschätzung Knoten Ende	6,5 ± 1,8	6,5 ± 2,0	7 (5-8)	7 (5-8)	0,835
Differenz Selbsteinschätzung Knoten (Ende - Anfang)	3,0 ± 2,1	2,9 ± 2,0	3 (2-4)	3 (2-4)	0,907
Selbsteinschätzung Naht Anfang	3,6 ± 2,0	3,7 ± 1,9	4 (2-5)	4 (2-5)	0,925
Selbsteinschätzung Naht Ende	6,3 ± 1,8	6,6 ± 1,7	6 (5-8)	8 (6-8)	0,372
Differenz Selbsteinschätzung Naht (Ende - Anfang)	2,7 ± 2,0	2,9 ± 1,9	3 (1-4)	2 (2-4)	0,722
Punkte OSATS Knoten Anfang	23,5 ± 5,9	28,4 ± 7,1	24 (19-28)	30 (22-34)	<b>&lt;0,001</b>
Punkte OSATS Knoten Ende	31,3 ± 5,4	28,9 ± 7,1	31 (28-26)	29 (23-34)	0,053
Differenz OSATS Knoten (Ende - Anfang)	7,8 ± 3,6	0,5 ± 2,6	7 (5-10)	1 (0-2)	<b>&lt;0,001</b>
Punkte OSATS Naht Anfang	25,3 ± 4,9	25,9 ± 4,9	25 (22-28)	26 (22-30)	0,501
Punkte OSATS Naht Ende	30,3 ± 4,9	29,5 ± 5,7	31 (27-33)	30 (25-33)	0,383
Differenz OSATS Naht (Ende - Anfang)	5,0 ± 4,0	3,5 ± 3,6	3 (1-6)	3 (1-6)	<b>0,041</b>

angewendete korrigierende Form des Feedbacks ist bekanntermaßen effektiv und fördert das Erlernen einer neuen Fertigkeit [23], [24]. Auch in unserer Studie scheint das Feedback einen Einfluss auf den Lernerfolg zu haben. Da ein Teil der Studierenden sich verbessert hat (22,9%) ohne ein adäquates Training erhalten zu haben [23], liegt die Vermutung nahe, dass der Lernzuwachs durch das Feedback ermöglicht wurde. Der in der Gruppe NDH beobachtete Lernzuwachs ist nach dem Training der nicht-dominanten Hand neben dem Feedback wahrscheinlich auch auf einen bei diesen Probanden erfolgten intermanuellen Transfer und auf das eigenständige Üben zurückzuführen („deliberate practice“) [25]. Der Lernzuwachs in Gruppe DH nach dem Training der dominanten Hand ist am ehesten auf das eigenständige Üben zurückzuführen, da während des Übens die Lernenden keine Korrektur durch einen Lehrenden erhielten [25]. Das eigenständige Üben hat allerdings nicht für alle Studierenden zu

einem Lernzuwachs geführt (21,8% bzw. 22,2%, siehe Tabelle 3 und Tabelle 4). Es kann angenommen werden, dass andere Faktoren wie z.B. die psychomotorischen und kognitiven Fertigkeiten und die Motivation des Lernenden für diesen ausbleibenden Lernerfolg eine Rolle spielen [26], [27].

Die Studierenden mit dem niedrigeren Lernzuwachs begannen bei der Knotentechnik auf einem höheren Level im Vergleich zu den Studierenden mit dem größeren Lernzuwachs (siehe Tabelle 3). Eine ähnliche, wenn auch nicht signifikante Tendenz zeigte sich auch bei der Nahttechnik. In der multivariablen linearen Regression war der OSATS-Score am Anfang der einzige prädiktive Faktor für den OSATS-Score nach dem Training (siehe Tabelle 5). Bei Studierenden mit einem höheren Ausgangswert zeigte sich eine flachere Lernkurve als bei Studierenden mit einem niedrigeren Ausgangswert. Dieses Phänomen zeigte sich auch in anderen Studien [27] und war

**Tabelle 4: Vergleich der Studierenden mit großem Lernzuwachs (4-5 OSATS-Punkte) mit Studierenden mit niedrigem Lernzuwachs (1-3 OSATS-Punkte) nach dem Training der Nahttechnik (Chi<sup>2</sup>-Test für die Gruppenvergleiche binärer Daten und Wilcoxon-Test für die Gruppenvergleiche der ordinaler Daten, DH=dominante Hand, NDH=nicht-dominante Hand, AT=alternatives Training, SD=Standardabweichung, Min= Minimum, Max=Maximum)**

	OSATS 4-5	OSATS 1-3	OSATS 4-5	OSATS 1-3	p-Werte
n	70	54			
Verhältnis Frauen: Männer	6,78 : 1	2,6 : 1			<b>0,037</b>
Gr. DH	32 (45,7%)	12 (22,2%)			<b>0,007</b>
Gr. NDH	22 (31,4%)	21 (38,9%)			0,387
Gr. AT	16 (22,9%)	21 (38,9%)			0,053
	Mittelwert ± SD		Median (Min-Max)		
Selbsteinschätzung Knoten Anfang	3,7 ± 1,9	3,4 ± 2,0	4 (2-5)	4 (1-5)	0,335
Selbsteinschätzung Knoten Ende	6,8 ± 1,7	6,0 ± 2,0	7 (6-8)	6 (5-8)	<b>0,027</b>
Differenz Selbsteinschätzung Knoten (Ende - Anfang)	3,2 ± 2,1	2,6 ± 1,9	3 (2-5)	2,5 (2-4)	0,333
Selbsteinschätzung Naht Anfang	3,7 ± 1,9	3,6 ± 2,0	4 (2-5)	4 (1-5)	0,691
Selbsteinschätzung Naht Ende	6,8 ± 1,6	6,0 ± 1,9	7 (6-8)	6 (5-7)	<b>0,010</b>
Differenz Selbsteinschätzung Naht (Ende - Anfang)	3,1 ± 2,0	2,4 ± 1,9	3 (2-5)	2 (1-4)	0,084
Punkte OSATS Knoten Anfang	25,4 ± 7,2	26,0 ± 6,5	26 (19-31)	25 (20-30)	0,761
Punkte OSATS Knoten Ende	31,1 ± 6,3	29,1 ± 6,1	31 (28-36)	30 (24-33)	0,059
Differenz OSATS Knoten (Ende - Anfang)	5,7 ± 5,0	3,1 ± 4,3	5 (2-9)	3 (1-7)	<b>0,032</b>
Punkte OSATS Naht Anfang	24,8 ± 4,6	26,6 ± 5,1	24 (22-28)	26 (22-31)	0,081
Punkte OSATS Naht Ende	31,9 ± 4,5	27,4 ± 5,2	31 (29-34)	27,5 (24-31)	<b>&lt;0,001</b>
Differenz OSATS Naht (Ende - Anfang)	7,1 ± 2,6	0,8 ± 1,8	6,5 (5-9)	1 (0-2)	<b>&lt;0,001</b>

**Tabelle 5: Lineare Regression mit dem Endpunkt OSATS-Wert nach dem Training in der Knoten- (OSATSKNNACH) und in der Nahttechnik (OSATSNahtNACH). Als einzig signifikanter Prädiktor konnte der OSATS-Wert vor dem Training (OSATSKNVOR bzw. OSATSNahtVOR) in das jeweilige Modell eingeschlossen werden. Für jeden Endpunkt wurde jeweils ein eigenes Modell gerechnet.**

Variable	Regressionskoeffizient	Standard-Fehler	Beta	T	p-Wert
OSATSNahtVOR	0,753	0,066	0,704	11,343	>0,001
OSATSKNVOR	0,661	0,054	0,731	12,276	>0,001

dort mit dem Erreichen eines Expertenstatus verbunden. In unserer Studie hatte die Vorerfahrung keinen Einfluss auf den OSATS-Score vor oder nach dem Training und auf den Lernzuwachs (data not shown). Prädiktoren für einen niedrigen oder hohen Lernzuwachs konnten in der binär-logistischen Regression nicht identifiziert werden. Vor und nach dem Training haben die Studierenden ihre Kompetenz im Bereich Naht- und Knotentechnik selbst eingeschätzt. In der Korrelationsanalyse zeigte sich keine relevanten Korrelationen zwischen den Selbsteinschätzungen und den OSATS-Scores vor bzw. nach dem Training

in den Gruppen DH, NDH und AT (data not shown). Die Studienlage zum prädiktiven Wert der Selbsteinschätzung ist sehr heterogen. In einigen Arbeiten konnte eine Korrelation zwischen der Selbsteinschätzung und einer externen Beurteilung [28], [29], [30] festgestellt werden, während in anderen keine Korrelation nachgewiesen werden konnte [31], [32].

Mögliche Limitationen der vorliegenden Studie liegen darin, dass nicht alle Ursachen, die das motorische Lernen beeinflussen, erfasst worden sind [33], insbesondere individuelle Faktoren wie z.B. die Tagesform der Proban-



den [34]. Weitere Limitationen der vorliegenden Studie könnten durch nicht kontrollierte subjektive Einflüsse bei der OSATS-Bewertung bedingt sein. Darüber hinaus wurden möglicherweise weitere relevante Faktoren wie die unterschiedliche Vorerfahrung der Studierenden und deren unterschiedlich ausgeprägtes Interesse an chirurgischen Techniken nicht ausreichend berücksichtigt. Eine weitere Studie, die die Effizienz des Lernzuwachses mit der DH infolge sukzessiver Wiederholungen mit der DH beim Lernen untersucht, könnte die CUSUM-Kurvenmethode im Sinne von Lernkurven nutzen, um den Lerneffekt über konsekutive Wiederholungen über die Zeit darzustellen. Die Händigkeit ist in der Tat ein relevantes Thema im Operationssaal, da viele Operationsinstrumente wie z.B. Scheren für Rechtshänder optimiert worden sind. Eine interessante Frage für weiterführende Studien wäre daher, wie schnell und effektiv Linkshänder lernen können, mit der rechten Hand operative Schritte mit den für Rechtshänder optimierten Instrumenten genauso gut umsetzen zu können wie primäre Rechtshänder.

## Schlussfolgerungen

Diese Studie zeigt, dass ein Training der dominanten Hand für chirurgischen Fertigkeiten den größten Lernzuwachs bei der chirurgischen Knoten- und Nahttechnik mit der dominanten Hand erreicht. Weiterhin zeigt diese Studie, dass ein Lernzuwachs auch bei einem Anteil der Studierenden trotz nicht optimalen Trainings der nicht dominanten Hand bzw. mit einem alternativen Training erreicht werden können. Dies liegt am ehesten am strukturierten Feedback und dem bewussten, eigenständigen Üben.

## Interessenkonflikt

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

## Anhänge

Verfügbar unter <https://doi.org/10.3205/zma001630>

1. Anhang\_1.pdf (91 KB)  
Supplementäre Tabellen

## Literatur

1. Shaharan S, Neary P. Evaluation of surgical training in the era of simulation. *World J Gastrointest Endosc.* 2014;16(9):436-447. DOI: 10.4253/wjge.v6.i9.436
2. Fritz T, Stachel N, Braun BJ. Evidence in surgical training – a review. *Innov Surg Sci.* 2019;4(1):7-13. DOI: 10.1515/iss-2018-0026
3. Fitts PM, Posner MI. Human performance. Basic concepts in psychology series. Belmont, Brooks: Cole Publishing Company; 1967.
4. Feldman LS, Cao J, Andalib A, Fraser S, Freid GM. A method to characterize the learning curve for performance of a fundamental laparoscopic simulator task: defining "learning plateau" and "learning rate". *Surgery.* 2009;146(2):381-386. DOI: 10.1016/j.surg.2009.02.021
5. Lefumat HZ, Vercher JL, Miall RC, Cole J, Buloup F, Bringoux L, Bourdin C, Sarlegna FR. To transfer or not to transfer? Kinematics and laterality quotient predict interlimb transfer of motor learning. *J Neurophysiol.* 2015;114(5):2764-2774. DOI: 10.1152/jn.00749.2015
6. Pereira EA, Raja K, Gamgavilli R. Effect of training on interlimb transfer of dexterity skills in healthy adults. *Am J Phys Med Rehabil.* 2011;90(1):25-34. DOI: 10.1097/PHM.0b013e3181fc7f6f
7. Barss TS, Klarnar T, Pearcey GE, Sun Y, Zehr EP. Time course of interlimb strength transfer after unilateral handgrip training. *J Appl Physiol.* 2018;125(5):1594-608. DOI: 10.1152/jappphysiol.00390.2017
8. Halsted WS. The training of the surgeon. *JAMA.* 1904;XLIII(21):1553-1554. DOI: 10.1001/jama.1904.02500210043006
9. Seifert LB, Schnurr B, Stefanescu MC, Sader R, Ruesseler M, Sterz J. Comparing video-based versions of Halsted's 'see one, do one' and Peyton's '4-step approach' for teaching surgical skills: a randomized controlled trial. *BMC Med Educ.* 2020;20(1):194. DOI: 10.1186/s12909-020-02105-5
10. 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
11. 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
12. Peyton JW. Teaching and learning in medical practice. Heronsgate, Rickmansworth: Manticore Books; 1998.
13. 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
14. Martin JA, Regehr G, Reznick R, MacRae H, Murnaghan J, Hutchinshon C, Brown M. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. *Br J Surg.* 1997;84(2):273-278. DOI: 10.1046/j.1365-2168.1997.02502.x
15. Gallagher AG, O'Sullivan GC, Leonard G, Bunting BP, McGlase KJ. Objective structured assessment of technical skills and checklist scales reliability compared for high stakes assessments. *ANZ J Surg.* 2014;84(7-8):568-573. DOI: 10.1111/j.1445-2197.2012.06236.x
16. Van Hove PD, Tuijthof GJ, Verdaasdonk EG, Stassen LP, Dankelman J. Objective assessment of technical surgical skills. *Br J Surg.* 2010;97(7):972-987. DOI: 10.1002/bjs.7115
17. Hopmans CJ, Den Hoed PT, van der Lann L, van der Harst E, van der Elst M, Mannaerts GH, Dawson I, Timman R, Wijnhoven BP, IJzermans JN. Assessment of surgery residents' operative skills in the operating theater using a modified Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS). A prospective multicenter Study. *Surgery.* 2014;156(5):1078-1088. DOI: 10.1016/j.surg.2014.04.052
18. Lord JA, Zuege DJ, Mackay MP, des Ordon AR, Lockyer J. Picking the Right Tool for the Job: A Reliability Study of 4 Assessment Tools for Central Venous Catheter Insertion. *J Grad Med Educ.* 2019;11(4):422-429. DOI: 10.4300/JGME-D-19-00107.1

19. Sattler JB. Zur Testung der Linkshändigkeit. *Left Hand Corner*. 1998;2:6-12.
20. van Empel PJ, Verdam MG, Huirne JA, Bponjer HJ, Meijerink WJ, Scheele F. Open knot-tying skills: Resident skills assessed. *J Obstet Gynaecol Res*. 2013;39(5):1030-1036. DOI: 10.1111/jog.12011
21. Stockinger C, Thürer B, Stein T. Consecutive learning of opposing unimanual motor tasks using the right arm followed by the left arm causes intermanual interference. *PLoS One*. 2017;12(5):e0176594. DOI: 10.1371/journal.pone.0176594
22. Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, Lee M, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *J Appl Physiol* (1985). 2006;101(5):1514-1522. DOI: 10.1152/jappphysiol.00531.2006
23. Hattie J, Timperley H. The power of feedback. *Rev Educ Res*. 2007;77(1):81-112. DOI: 10.3102/003465430298487
24. Wisniewski B, Zierer K, Hattie J. The Power of Feedback Revisited: A Meta-Analysis of Educational Feedback Research. *Front Psychol*. 2020;10:3087. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.03087
25. Ericsson KA, Krampe RT, Tesch-Roemer C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychol Rev*. 1993;100(3):363-406. DOI: 10.1037/0033-295X.100.3.363
26. Ackermann PL, Cianciolo AT. Cognitive ,perceptual-speed and psychomotor determinants of individual differences during skill acquisition. *J Exp Psychol Appl*. 2000;6(4):259-290. DOI: 10.1037//1076-898x.6.4.259
27. Groenier M, Groenier KH, Miedema HA, Broeders IA. Perceptual Speed and Psychomotor Ability Predict Laparoscopic Skill Acquisition on a Simulator. *J Surg Educ*. 2015;72(6):1224-1232. DOI: 10.1016/j.jsurg.2015.07.006
28. Ganni S, Chmarra MK, Goossens RH, Jakimowicz JJ. Self-assessment in laparoscopic surgical skills training: is it reliable? *Surg Endosc*. 2017;31(6):2451-2456. DOI: 10.1007/s00464-016-5246-6
29. Rogers DA, Regehr G, Howdieshell TR, Yeh KA, Palm E. The impact of external feedback on computer-assisted learning for surgical technical skill training. *Am J Surg*. 2000;179(4):341-343. DOI: 10.1016/s0002-9610(00)00341-x
30. Mandel LS, Goff BA, Lentz GM. Self-assessment of resident surgical skills: is it feasible? *Am J Obstet Gynecol*. 2005;193(5):1817-1822. DOI: 10.1016/j.ajog.2005.07.080
31. Pandey VA, Holfe JH, Black SA, Cairois M, Liapis CD, Bergqvist D; European Board of Vascular Surgery. Self-assessment of technical skill in surgery: the need for expert feedback. *Ann R Coll Surg Engl*. 2008;90(4):286-290. DOI: 10.1308/003588408X286008
32. Martin D, Regehr G, Hodges B, McNaughton N. Using videotaped benchmarks to improve the self-assessment ability of family practice residents. *Acad Med*. 1998;73(11):1201-1206. DOI: 10.1097/00001888-199811000-00020
33. Kiran F, Javaid A. Students' perceptions of factors for academic failure in pre-clinical years of a medical school. *J Pak Med Assoc*. 2020;70(5):803-808. DOI: 10.5455/JPMA.19548
34. Hsu JL, Goldsmith GR. Instructor Strategies to Alleviate Stress and Anxiety among College and University STEM Students. *CBE Life Sci Educ*. 2021;20(1):es1. DOI: 10.1187/cbe.20-08-0189
35. Friedrich M, Ober J, Haubruck P, Bergdolt C, Bruckner T, Kowalewski KF, Kadmon M, Müller-Stich BP, Tanner MC, Nickel F. Pilot evaluation of an objective structured assessment of technical skills tool for chest tube insertion. *GMS J Med Educ*. 2018;35(4):Doc48. DOI: 10.3205/zma001194
36. Molinas CR, Binda MM, Campo R. Dominant hand, non-dominant hand, or both? The effect of pre-training in hand-eye coordination upon the learning curve of laparoscopic intra-corporeal knot tying. *Gynecol Surg*. 2017;14(1):12. DOI: 10.1186/s10397-017-1015-3
37. Fleishman EA. Human abilities and the acquisition of skill: Comments on professor Jones' paper. In: Bilodeau EA, editor. *Acquisition of skill*. New York: Academic Press; 1966. p147-167.
38. Fleishman EA. On the relation between abilities, learning, and human performance. *Am Psychol*. 1972;27(11):1017-1032. DOI: 10.1037/h0033881
39. Fleishman EA, Quaintance MK, Broedling LA. *Taxonomies of human performance: The description of human tasks*. New York: Academic Press; 1984.
40. Ackermann PL. Determinants of individual differences during skill acquisition: Cognitive abilities and information processing. *J Exper Psychol*. 1988;117(3):288-318. DOI: 10.1037/0096-3445.117.3.288
41. Romero P, Günther P, Kowalewski KF, Friedrich M, Schmidt MW, Trent SM, De La Garza JR, Müller-Stich BP, Nickel F. Halsted's „see one, do one, and teach one“ versus Peyton's four-step approach: a randomized trial for training of laparoscopic suturing and knot tying. *J Surg Educ*. 2018;75(2):510-515. DOI: 10.1016/j.jsurg.2017.07.025
42. Sawyer T, White M, Zaveri P, Chang T, Ades A, French H, Anderson J, Auerbach M, Johnston L, Kessler D. Learn, see, practice, prove, do, maintain: an evidence-based pedagogical framework for procedural skill training in medicine. *Acad Med*. 2015;90(8):1025-1033. DOI: 10.1097/ACM.0000000000000734
43. Mansoorian MR, Hosseiny MS, Khosravan S, Alami A, Alaviani M. Comparing the Effects of Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS) and Traditional Method on Learning of Students. *Nurs Midwifery Stud*. 2015;4(2):e27714. DOI: 10.17795/nmsjournal27714

#### Korrespondenzadresse:

PD Dr. Wolf Ramackers, MME  
Medizinische Hochschule Hannover, Klinik für Allgemein-,  
Viszeral- und Transplantationschirurgie, Carl-Neuberg-Str.  
1, 30625 Hannover, Deutschland  
Ramackers.wolf@mh-hannover.de

#### Bitte zitieren als

Dasci S, Schrem H, Oldhafer F, Beetz O, Kleine-Döpke D, Vondran F, Beneke J, Sarisin A, Ramackers W. *Learning surgical knot tying and suturing technique – effects of different forms of training in a controlled randomized trial with dental students*. *GMS J Med Educ*. 2023;40(4):Doc48. DOI: 10.3205/zma001630, URN: urn:nbn:de:0183-zma0016309

Artikel online frei zugänglich unter  
<https://doi.org/10.3205/zma001630>

Eingereicht: 08.08.2022  
Überarbeitet: 22.12.2022  
Angenommen: 03.03.2023  
Veröffentlicht: 15.06.2023

#### Copyright

©2023 Dasci 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/>.