

The influence of real-time feedback on the quality of resuscitation: A prospective study comparing bystanders, paramedic course participants, and emergency physician trainees

Abstract

Objective: The aim of this study was to analyze the potential benefits of real-time feedback in resuscitation training for participants in the prehospital emergency chain and to compare differences in the quality of chest compressions (CC) with and without feedback.

Methods: The primary endpoint was to analyze the proportion of CC achieving the recommended depth (5-6cm) and frequency (100-120/min) during two minutes of CC. This prospective cohort study compares bystanders (N=75), paramedic trainees (N=75), and emergency physician trainees (N=75) with and without the feedback system of the Zoll X-Series®.

Results: Without feedback, paramedics (P) achieved the target compression frequency in 82.7%, bystanders (B) in 49.8%, and emergency physician trainees (EP) in 75% (P vs. B, $p<0.001$; EP vs. P, $p=0.759$; EP vs. B, $p=0.217$). There were no significant differences in target compression depth without feedback.

With feedback, P achieved the compression frequency in 90.7%, B in 72.8%, and EP in 91.4% (P vs. B, $p<0.001$; EP vs. P, $p=0.425$; EP vs. B, $p<0.001$).

With feedback, P achieved the compression depth in 56.9%, B in 47.3%, and EP in 75.1% (P vs. B, $p=0.759$; EP vs. P, $p=0.217$; EP vs. B, $p=0.002$).

Conclusion: The results underscore the importance of real-time feedback in emergency medical training, especially for B. All cohorts showed significant improvement, indicating that feedback enhances CC and promotes skill development. Given the importance of high-quality CC, their early optimization in training is essential. This highlights the need for standardized training concepts, including timing recommendations for feedback systems. Future studies should consider real-life prehospital conditions and investigate chest compression to validate transferability to real-life scenarios.

Keywords: resuscitation, chest compression, feedback, bystander

Stella-Karolin Krispin¹

Anja Haase-Fielitz^{2,3,4}

Grit Spalding⁵

Jana Steigerwald⁶

Lars Trenkmann^{7,8}

1 Universitätsklinikum Ruppin-Brandenburg, Universitätsklinikum der Medizinischen Hochschule Brandenburg Theodor Fontane, Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin, Neuruppin, Germany

2 Immanuel Klinikum Bernau Herzzentrum Brandenburg, Abteilung für Kardiologie, Universitätsklinikum der Medizinischen Hochschule Brandenburg Theodor Fontane, Bernau, Germany

3 Gemeinsame Fakultät der Universität Potsdam, der Brandenburgischen Medizinischen Hochschule Theodor Fontane und der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg, Fakultät für Gesundheitswissenschaften (FGW), Cottbus, Germany

4 Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Sozialmedizin und Gesundheitssystemforschung, Magdeburg, Germany

5 Immanuel Klinikum Bernau Herzzentrum Brandenburg, Universitätsklinikum der Medizinischen Hochschule Brandenburg Theodor Fontane, Zentrale Notaufnahme, Bernau, Germany

6 Klein-Winternheim, Germany

7 Charité – Universitätsmedizin
Berlin, Klinik für Nephrologie
und internistische
Intensivmedizin, Berlin,
Germany

8 Notfallmedizinische Aus- und
Weiterbildung Berlin (NAW
Berlin), Staatlich anerkannte
Rettungsdienstschule, Berlin,
Germany

Introduction

As soon as a cardiac arrest occurs, quick action is essential to restore circulation and prevent neurological damage [1], [2]. In 2023, approximately 25.500 prehospital resuscitations were documented [3]. Around 10% of prehospital resuscitated patients were discharged from the hospital [3]. The first step in the chain of survival is to immediately call for emergency assistance while simultaneously beginning resuscitation [4], [5]. On average, emergency services arrived after six minutes and 48 seconds in 2023 [3]. Since this period without circulation is sufficient to cause irreversible brain damage, immediate chest compressions by bystanders are critical for survival. Therefore, layperson resuscitation plays a crucial role until professional rescuers take over the resuscitation. In addition to early defibrillation for shockable arrhythmias, chest compressions (CC) are the most important measure for the treatment of cardiac arrest. The German Resuscitation Council (GRC) guidelines recommend a two-minute rescuer rotation and define five parameters for high-quality CC [6]. These parameters include correct hand placement (lower third of the sternum), a compression depth of 5-6 cm, a compression rate of 100-120 compressions per minute, complete chest recoil, and compression pauses shorter than 10 seconds. It is known that CC are often performed inadequately [7]. Therefore, the ERC guidelines recommend regular resuscitation training and the use of real-time feedback [8]. Feedback systems evaluate the quality of CC in real time, compare it with the required parameters, and provide (audio-)visual feedback, allowing adjustments to the chest compressions if necessary [9], [10]. Early studies investigating the effectiveness of various feedback systems for lay rescuers and medical personnel found that CC were performed with better quality when aided by prompt feedback [10]. For example, lay rescuers in the study by Krasteva et al. showed a significant improvement in compression quality over a three-minute period [11]. Nursing students also benefited significantly from the use of real-time feedback, according to Smereka et al. [12]. Cheng et al. and Buléon et al. reported similar effects in experienced healthcare professionals [13], [14], [15]. A recent systematic review by Nicolau et al. confirms these findings: corrective feedback systems significantly improve compression depth and

rate, regardless of the users' experience level [16]. The comparability of the studies published so far is limited, as they vary significantly in terms of settings, compression duration, and the composition of participants. Moreover, few of the existing studies differentiate between the specific professional groups within the prehospital emergency chain. The study by Hostler et al. demonstrates the benefits of feedback systems in prehospital settings but remains unspecific regarding the professional roles within the rescue team [17]. In contrast to the studies included in the review by Nicolau et al., this study addresses an underrepresented target group – prehospital personnel – under standardized simulation conditions. Specifically, lay rescuers and emergency medical services provide the initial care for patients in cardiac arrest, meaning the quality of the initial care significantly impacts their prognosis. At the time of the literature review, no studies were known that directly compared these groups involved in the chain of survival. Therefore, this study investigates whether there are differences in the quality of chest compressions between bystanders, paramedic trainees, and emergency physician trainees – and whether the integration of prompt feedback affects resuscitation quality in these three groups. The hypothesis was that lay rescuers using real-time feedback would achieve a comparable quality of CC to that of medical professionals without the use of feedback.

Methods

Study design and sample size

This study was designed as a prospective cohort study. The sample size calculation is based on the work of Buléon et al. [15]. With a significance level of $\alpha=0.05$, an expected effect size of $d=1.0$, and an assumed difference of 21%, a minimum group size of $n=20$ was required to achieve a power of 0.80 [15]. To increase the statistical power, account for potential missing data, and allow for differentiated group comparisons, 75 participants were included in each cohort.

Participants/study population

Recruitment and data collection took place at the state-recognized emergency medical service school "NAW Berlin". A total of 225 participants from the first aid courses (Bystanders), paramedic courses (Paramedics), and emergency physician courses (Emergency Physicians) voluntarily participated in the study outside of their regular class hours. Before the study began, the bystanders received theoretical knowledge on how to perform chest compressions (CC). The paramedic cohort had completed a four-week theoretical and practical course at the time of data collection and was about to begin hospital and emergency service internships. The emergency physician cohort consisted of licensed physicians attending an emergency physician course.

Study setting and procedure

The resuscitation simulator AmbuMan® was equipped with the Zoll X-Series® feedback system, thus standardizing the hand placement. Initially, participants performed two minutes of CC without visibility of the prompt feedback. After a two-minute break, another two minutes of CC were performed, this time with real-time feedback. All resuscitations were conducted under standardized conditions to minimize external influencing factors.

Data collection

Data collection took place from October 2020 to January 2021. The focus of the resuscitation analysis was on the evaluation of compression depth (CD) within the target range (TR) and compression rate (CR) within the target range (TR). The reference values are provided by the resuscitation guidelines [5]. The compression depth should be between 5-6 cm, and the compression rate should be between 100-120 compressions per minute [5]. "Above the target range" (aTR) referred to compressions with a depth >6 cm or a rate >120 compressions per minute. "Below the target range" (bTR) defined a compression depth of less than 5 cm or a rate of fewer than 100 compressions per minute. Full chest recoil was visually displayed by the feedback system (Zoll X-Series®) but was not captured as an exportable parameter by the evaluation software (RescueNet Code Review). Since no quantitatively analyzable data on chest recoil were available, the study focused on the objectively measurable, guideline-relevant parameters of compression depth and compression rate. The manufacturer specifies a measurement accuracy of ± 0.6 cm for compression depth within the range of 1.9-7.6 cm. The measurement is based on the integration of an accelerometer, which uses filtering algorithms (e.g., Kalman filter) to compensate for disturbances. In a previous functional check, the compression depth and compression rate of the Zoll X-Series® feedback system were tested. The display of compression depth was compared to the reference display of the simulator, while the compression rate was additionally validated

with an external app for frequency measurement. In both cases, the measurements were consistent, suggesting reliable detection of the relevant parameters by the feedback system.

Data analysis and statistics

The analysis of the results was performed using the "RescueNet Code Review" program, which compares compression depth and frequency with the predefined guideline parameters. The statistical analysis of the collected data was conducted using the statistical software "SPSS Version 28 (IBM)". To describe the central tendency with skewed data distribution and ordinal data, the median with the 25.-75. percentile was used. The comparison of the three independent groups was conducted using the Mann-Whitney U test, as the data were not normally distributed. Categorical variables were compared using the chi-square test. The results are presented in tables and graphs as boxplots or as absolute numbers with percentage values. The reporting of this prospective cohort study follows the STROBE checklist (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology) [18].

Ethics

The study was approved by the relevant ethics committee of the Brandenburg Medical School before the start of data collection (ethics approval E-01-20200403). All participants were informed in advance and provided written consent to participate in the study. The conduct of the study adhered to the ethical standards of the Declaration of Helsinki.

Results

Data from a total of 225 participants, consisting of participants from a first aid course (N=75), a paramedic course (N=75), and an emergency physician course (N=75), were analyzed. The participants were comparable in terms of gender distribution, with approximately 40% female participants in each group (see table 1); participants from the emergency physician course were older than those from the first aid and paramedic courses (see table 1). The guidelines specify 5 parameters to be followed for CC [5]. The correct hand placement was ensured by the prior attachment of the feedback system on the simulator. The analysis focused on the two parameters of compression depth and compression rate.

Quality of chest compression without feedback system

The target compression depth was achieved by the bystanders (B) with a median of 12.4%, by the paramedics (P) with 18.4%, and by the emergency physicians (EP) with 15.5% (B vs. P vs. EP: $p=0.304$). Above the target

Table 1: Characteristics of the study population

| | total (n=225) | B (n=75) | P (n=75) | EP (n=75) | p-value |
|--------------------------|---------------|------------|------------|------------|---------|
| Female proportion, n (%) | 93 (41,3%) | 30 (40%) | 33 (44%) | 30 (40%) | 0,848 |
| Age (median; 25-75) | 27 (20-33) | 24 (19-36) | 20 (19-25) | 31 (30-35) | <0,001 |

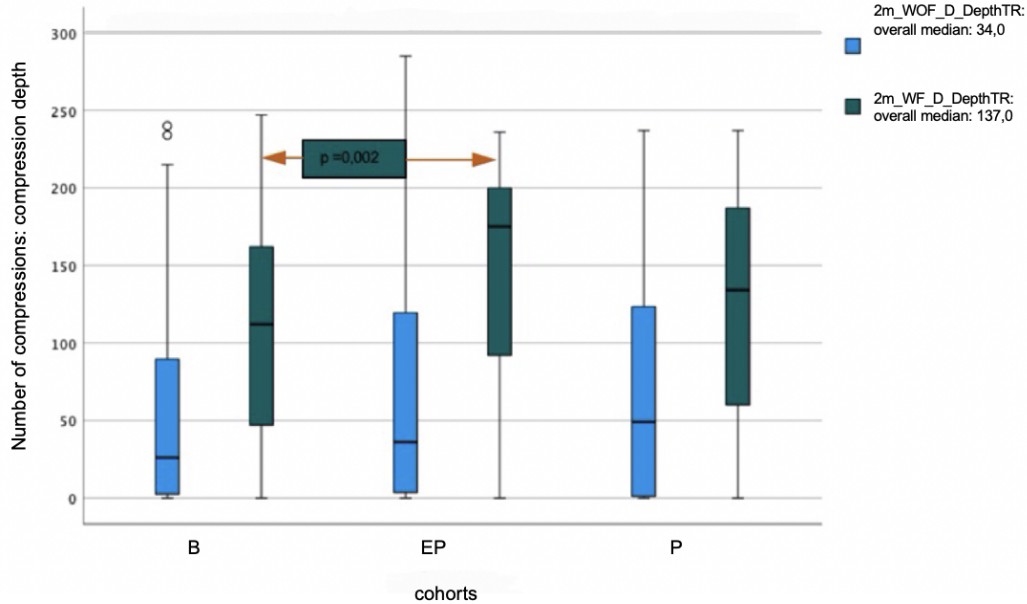


Figure 1: Comparison of the median compression depth within the target range (TR) with (WF) and without (WOF) feedback system between bystanders (B), emergency physician trainees (EP), and paramedic trainees (P)

range for compression depth, B performed compressions with a median of 85% and EP with 16.1%, while P did not perform any compressions that were too shallow. No compressions below the target range for compression depth were performed by the B, while P performed compressions too shallow with a median of 62.7%, and EP with 2.4%.

In the analysis of compression frequency, bystanders reached the target range with a median of 49.8%. P performed compressions within the target range with a median of 82.7%, and EP with 75%. A significant difference was found between B vs. P, with $p < 0.001$. Above the target range for compression frequency, B performed compressions with a median of 4.2%, P with 4.6%, and EP with 5.3%. Below the target range, B performed compressions with a median of 2.3%, P with 0.4%, and EP with 0.4%.

Quality of chest compression with feedback system

While using the feedback system, B performed compressions within the target range for compression depth with a median of 47.3%, P with 56.9%, and EP with 75.1%. A statistically significant difference was found between B and EP ($p = 0.002$).

Above the target range for compression depth, B performed compressions with a median of 15%, and EP with 4.7%, while P did not perform any compressions that were too deep. Below the target range for compression depth,

B performed compressions with a median of 10.6%, P with 24.8%, and EP with 3.6%. In terms of compression frequency, B performed compressions within the target range with a median of 72.8%, P with 90.7%, and EP with 91.4%. The results between B vs. P and B vs. EP were statistically significantly different with $p < 0.001$. Above the target range for compression frequency, B performed compressions with a median of 16.2%, P with 6.4%, and EP with 0.5%. Below the target range, B performed compressions with a median of 1.5%, P with 0.4%, and EP with 0.5%.

There was no significant difference between the P and EP cohorts in the analysis of either compression depth or compression frequency. Regarding the evaluated parameters, all cohorts were able to improve the quality of chest compressions with real-time feedback. In particular, the bystander cohort benefited from prompt feedback. The comparisons between the cohorts are shown in figures 1 and figure 2.

Discussion

This study analyzes the quality of chest compressions among participants in the prehospital emergency chain, comparing bystanders (B), paramedic trainees (P), and emergency physician trainees (EP). All groups were able to significantly improve their CC performance with the help of real-time feedback. B reached a level of CC quality

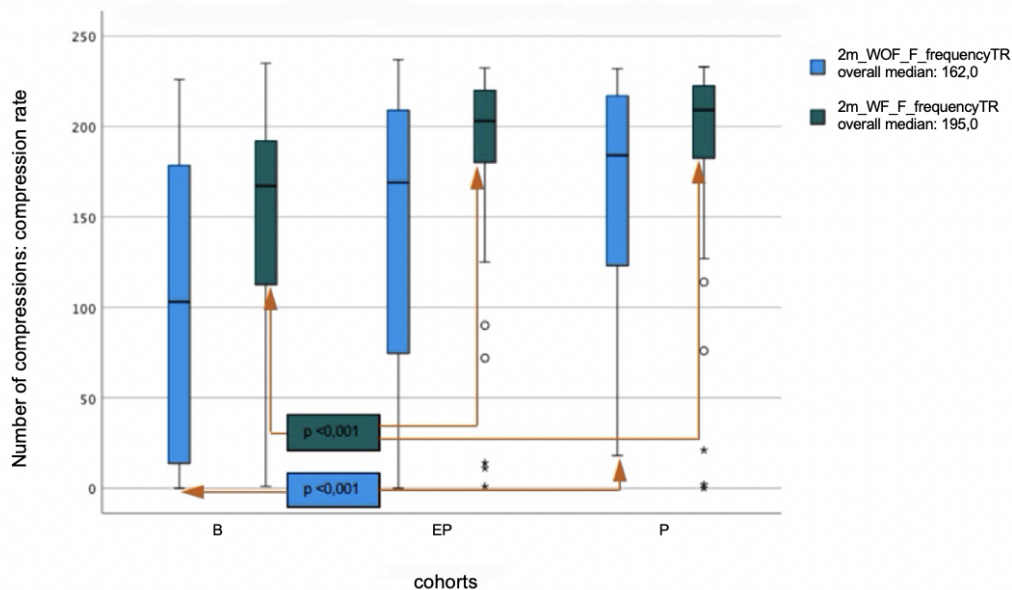


Figure 2: Comparison of the median compression rate within the target range (TR) with (W) and without (WOF) feedback system between bystanders (B), emergency physician trainees (EP), and paramedic trainees (P)

through feedback that was comparable to the CC quality of P without feedback.

Even without the feedback system, significant differences were observed: B achieved the target compression depth in a median of 12.4% of compressions, paramedics in 18.4%, and EP in 15.5%. In terms of compression frequency, B were significantly behind P at 82.7% and EP at 75%, with 49.8%. These results are in line with previous studies, such as those by Krasteva et al. and Cheng et al., which demonstrate the effectiveness of feedback systems in improving chest compression quality – both for laypersons and medical professionals [11], [13], [14]. The meta-analysis by Nicolau et al. demonstrates the effectiveness of feedback systems in improving compression depth and frequency, regardless of the experience level of the learners [16]. In contrast to the studies included in that analysis, the present investigation specifically focuses on prehospital personnel and is based on a uniformly structured simulation protocol. The duration of chest compressions was standardized to two minutes, in line with the recommendations of the current resuscitation guidelines [4], [5], [7], [19]. The study design is aligned with the practical requirements of resuscitation execution and enhances comparability with current guideline recommendations. At the same time, this methodological approach minimizes biases, such as those criticized in the meta-analysis by Nicolau et al., which arose from including studies with inconsistent study protocols and unclear definitions of feedback mechanisms. The guidelines recommend the use of feedback systems in the training of both laypersons and medical professionals, but lack specific instructions regarding the use of the devices [8]. Neither in the flowcharts of the training materials nor in the “step-by-step” instructions of the GRC guidelines is it specified when the feedback sensors should be applied [8], [20]. Furthermore, both first aid

training and paramedic training in Germany are not standardized [21], [22]. Therefore, it is questionable to what extent the use of feedback systems is actually included in resuscitation training. Based on the presented results, we recommend the integration of real-time feedback into training materials and emergency medical education. Another possible explanation for the improvement in chest compression quality through real-time feedback lies in tactile learning. According to the review by Marchal-Crespo and Reinkensmeyer, tactile feedback can specifically enhance motor skills, especially when visual or auditory feedback alone is insufficient [23]. Applied to CC, real-time feedback could help participants develop a tactile sense for compression depth and rate, allowing them to immediately correct these parameters during performance. Without feedback, it may be difficult to correctly assess the required target values due to individual chest anatomy and possibly a lack of time perception in stressful situations. This assumption is supported by the study by Miotto et al., which shows that theoretical training alone is not sufficient to develop the psychomotor skills required for high-quality CC [24]. Practical exercises – and here, real-time feedback – allow participants to directly assess and adjust their technique. Furthermore, the feedback system may have enhanced participants' attention and motivation, as they could continuously monitor their performance. This provides a valuable learning mechanism, especially for inexperienced bystanders. The design of the study – first performing chest compressions (CC) without feedback, then with feedback – may have amplified this effect, as participants could specifically improve their initial assessments in the second round. In addition to the previously discussed aspects explaining the heterogeneous results between the cohorts, the different task distribution within the rescue team should also be considered. The crew re-

source management concept designates a leadership role in emergency situations [25]. The role of team leader during a resuscitation is often taken on by the emergency physicians [26]. This distribution of tasks suggests that paramedics are more likely to perform CC themselves, while EP, in addition to providing medical interventions, coordinate the team. EP have the highest level of emergency medical qualification among the responders due to their extensive training. In smaller teams, it may be necessary for them to perform chest compressions themselves after two minutes due to the required rescuer rotation. Therefore, the proper execution of chest compressions should be assumed by all participants in the chain of survival, starting with bystanders and extending to the rescue team. It is known that frequent resuscitation training improves compression quality [27].

Accordingly, the lack of training in the first aid area or during the incomplete P and EP training could have influenced the quality of chest compressions. Despite participants being in training, those with emergency medical background knowledge tended to perform better, emphasizing the relevance of feedback systems, especially for B.

It is particularly noteworthy that all cohorts, regardless of their prior experience, benefited from real-time feedback. This underscores its importance, particularly for the initial links in the chain of survival. This finding is consistent with the results of Nicolau et al., who reported that real-time feedback not only improves compression quality in the short term but also has a learning-enhancing effect on motor and tactile skills – particularly in compact, well-structured training sessions.

Limitations

At the same time, some methodological limitations must be considered: The analysis focused on compression depth and frequency. Additionally, the measurement relied on accelerometers, which could be influenced by external factors. The use of a “within-subjects” design minimized individual differences but does not completely exclude a minor learning effect due to the fixed test order. The potential effect of different prior training of emergency physicians from various medical disciplines was not analyzed in the study due to the group size and should be investigated in future studies. Future studies should also consider chest recoil and examine the use of feedback systems under real-life, prehospital conditions to better assess the transferability to everyday practice.

Conclusion

In summary, the results reinforce the relevance of real-time feedback in emergency medical training and support its integration into future training concepts.

Authors' ORCIDs

- Stella-Karolin Krispin: [0009-0001-7798-6571]
- Anja Haase-Fielitz: [0000-0001-6881-2249]
- Lars Trenkmann: [0009-0006-7770-7022]

Data

Data for this article are available from Dryad Repository: [<https://doi.org/10.5061/dryad.9w0vt4brgl>] [28]

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

For data collection, the resuscitation simulator AmbuMan® was provided free of charge by the NAW Berlin Emergency Medical Service School. The company Zoll® also provided the feedback system of the Zoll X-Series® free of charge.

References

1. Sandroni C, Cronberg T, Sekhon M. Brain injury after cardiac arrest: pathophysiology, treatment, and prognosis. *Intensive Care Med.* 2021;47(12):1393-1414. DOI: 10.1007/s00134-021-06548-2
2. Reynolds JC, Salcido DD, Menegazzi JJ. Coronary perfusion pressure and return of spontaneous circulation after prolonged cardiac arrest. *Prehosp Emerg Care.* 2010;14(1):78-84. DOI: 10.3109/10903120903349796
3. Fischer M, Wnent J, Graßner JT, Seewald S, Brenner S, Bein B, Ristau P, Bohn A; die teilnehmenden Rettungsdienste im Deutschen Reanimationsregister. *Öffentlicher Jahresbericht 2023 des Deutschen Reanimationsregisters: Außerklinische Reanimation 2023.* Nürnberg: Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin; 2024. p.3-17. Zugänglich unter/available from: <https://www.reanimationsregister.de/downloads/oeffentliche-jahresberichte/oeffentliche-jahresberichte-ausserklinische-reanimation/305-ausserklinischer-jahresbericht-2023/file.html>
4. Horriar L, Rott N, Bottiger BW. Improving survival after cardiac arrest in Europe: The synergetic effect of rescue chain strategies. *Resusc Plus.* 2024;17:100533. DOI: 10.1016/j.resplu.2023.100533
5. European Resuscitation Council (ERC). *Reanimation 2021 - Leitlinien kompakt.* Ulm: Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council e.V. (GRC); 2021. p.29, 35-39. Zugänglich unter/available from: https://www.grc-org.de/files/Contentpages/document/Leitlinienkompakt_26.04.2022.pdf
6. European Resuscitation Council (ERC). *Reanimation 2021 - Leitlinien kompakt.* Ulm: Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council e.V. (GRC); 2021. p.37, 46-56. Zugänglich unter/available from: https://www.grc-org.de/files/Contentpages/document/Leitlinienkompakt_26.04.2022.pdf
7. McDonald CH, Heggie J, Jones CM, Thorne CJ, Hulme J. Rescuer fatigue under the 2010 ERC guidelines, and its effect on cardiopulmonary resuscitation (CPR) performance. *Emerg Med J.* 2013;30(8):623-627. DOI: 10.1136/emered-2012-201610

8. European Resuscitation Council (ERC). Wiederbelebung GRC-DRf. Basismassnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener. Ulm: Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council e.V. (GRC); 2021. Zugänglich unter/available from: https://www.grc-org.de/files/Contentpages/document/Leitlinienkompakt_26.04.2022.pdf
9. Lukas R, Van Aken H, Engel P, Bohn A. Echtzeit-Feedback-Systeme zur Verbesserung der Reanimationsqualität [Real-time feedback systems for improvement of resuscitation quality]. *Anaesthesist*. 2011;60(7):653-660. DOI: 10.1007/s00101-011-1909-9
10. Gugelmin-Almeida D, Tobase L, Polastri TF, Peres HH, Timerman S. Do automated real-time feedback devices improve CPR quality? A systematic review of literature. *Resusc Plus*. 2021;6:100108. DOI: 10.1016/j.resplu.2021.100108
11. Krasteva V, Jekova I, Didon JP. An audiovisual feedback device for compression depth, rate and complete chest recoil can improve the CPR performance of lay persons during self-training on a manikin. *Physiol Meas*. 2011;32(6):687-699. DOI: 10.1088/0967-3334/32/6/006
12. Smereka J, Szarpak L, Czekajlo M, Abelson A, Zwolinski P, Plusa T, Dunder D, Dabrowski M, Wiesniewska Z, Robak O, Fraas M, Sivrikaya U, Ruetzler K. The TrueCPR device in the process of teaching cardiopulmonary resuscitation: A randomized simulation trial. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(27):e15995. DOI: 10.1097/MD.00000000000015995
13. Cheng A, Brown LL, Duff JP, Davidson J, Overly F, Tofil NM, Peterson DT, White ML, Bhanji F, Bank I, Gottesman R, Adler M, Zhong J, Grant V, Grant DJ, Sudikoff SN, Marohn K, Charnovich A, Hunt EA, Kessler DO, Wong H, Robertson N, Lin Y, Doan Q, Duval-Arnould JM, Nadkarni VM; International Network for Simulation-Based Pediatric Innovation, Research, & Education (INSPIRE) CPR Investigators. Improving cardiopulmonary resuscitation with a CPR feedback device and refresher simulations (CPR CARES Study): a randomized clinical trial. *JAMA Pediatr*. 2015;169(2):137-144. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2014.2616
14. Cheng A, Overly F, Kessler D, Nadkarni VM, Lin Y, Doan Q, Duff JP, Tofil NM, Bhanji F, Adler M, Charnovich A, Hunt EA, Brown LL; International Network for Simulation-based Pediatric Innovation, REsearch, Education (INSPIRE) CPR Investigators. Perception of CPR quality: Influence of CPR feedback, Just-in-Time CPR training and provider role. *Resuscitation*. 2015;87:44-50. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2014.11.015
15. Buleon C, Delaunay J, Parienti JJ, Halbout L, Arrot X, Gerard JL, Hanouz JL. Impact of a feedback device on chest compression quality during extended manikin CPR: a randomized crossover study. *Am J Emerg Med*. 2016;34(9):1754-1760. DOI: 10.1016/j.ajem.2016.05.077
16. Nicolau A, Jorge I, Vieira-Marques P, Sa-Couto C. Influence of Training With Corrective Feedback Devices on Cardiopulmonary Resuscitation Skills Acquisition and Retention: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR Med Educ*. 2024;10:e59720. DOI: 10.2196/59720
17. Hostler D, Everson-Stewart S, Rea TD, Stiell IG, Callaway CW, Kudenchuk PJ, Sears GK, Emerson SS, Nichol G; REsuscitation Outcomes Consortium Investigators. Effect of real-time feedback during cardiopulmonary resuscitation outside hospital: prospective, cluster-randomised trial. *BMJ*. 2011;342:d512. DOI: 10.1136/bmj.d512
18. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP; Iniciativa STROBE. Declaración de la iniciativa STROBE (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology): directrices para la comunicación de estudios observacionales [The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies]. *Rev Esp Salud Publica*. 2008;82(3):251-259. DOI: 10.1590/s1135-57272008000300002
19. European Resuscitation Council (ERC). Reanimation 2015 - Leitlinien kompakt Ulm: Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council e.V. (GRC); 2015. p.44-45, 91-100, 70-71.
20. European Resuscitation Council (ERC). Wiederbelebung GRC-DRf. Erweiterte Massnahmen zur Reanimation von Erwachsenen (ALS). Ulm: Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council e.V. (GRC); 2021. Zugänglich unter/available from: https://www.grc-org.de/files/Contentpages/document/Leitlinienkompakt_26.04.2022.pdf
21. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). Erma^ochtigung von Stellen fu^o die Aus- und Fortbildung in der Ersten Hilfe. Berlin: DGUV; 2022. p.18. Zugänglich unter/available from: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/88>
22. Deutscher Bundestag. Ausbildung und Berufsausübung von Rettungssanitätern. Vergleich landesrechtliche Bestimmungen. Berlin: Wissenschaftliche Dienste 9: Gesundheit, Familie, Senioren, Frauen und Jugend; 2022. p.4-5. Zugänglich unter/available from: <https://www.bundestag.de/resource/blob/912896/e896cc1c5c4599645ff6b1cbb4fd3deb/WD-9-049-22-pdf-data.pdf>
23. Basalp E, Wolf P, Marchal-Crespo L. Haptic Training: Which Types Facilitate (re)Learning of Which Motor Task and for Whom? Answers by a Review. *IEEE Trans Haptics*. 2021;14(4):722-739. DOI: 10.1109/TOH.2021.3104518
24. Miotto HC, da Silva Camargos FR, Ribeiro CV, Goulart EM, da Consolação Vieira Moreira M. Effects of the use of theoretical versus theoretical-practical training on CPR. *Arq Bras Cardiol*. 2010;95(3):328-331. DOI: 10.1590/s0066-782x2010005000104
25. Haerckens MH, Jenkins DH, van der Hoeven JG. Crew resource management in the ICU: the need for culture change. *Ann Intensive Care*. 2012;2(1):39. DOI: 10.1186/2110-5820-2-39
26. Senatsverwaltung für Inneres Berlin. Verordnung über den Notarztendienst. Berlin: Senatsverwaltung für Inneres; 2010. p.3. Zugänglich unter/available from: <https://gesetze.berlin.de/bsbe/document/jlr-DNArztVBEV1P1>
27. Riggs M, Franklin R, Saylany L. Associations between cardiopulmonary resuscitation (CPR) knowledge, self-efficacy, training history and willingness to perform CPR and CPR psychomotor skills: A systematic review. *Resuscitation*. 2019;138:259-272. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2019.03.019
28. Krispin SK, Haase-Fielitz A, Spalding G, Steigerwald J, Trenkmann L. The influence of real-time feedback on the quality of resuscitation: a prospective study comparing bystanders, paramedic course participants, and emergency physician trainees. *Dryad*; 2025. DOI: 10.5061/dryad.9w0vt4brg

Corresponding author:

Stella-Karolin Krispin
Universitätsklinikum Ruppin- Brandenburg,
Universitätsklinikum der Medizinischen Hochschule
Brandenburg Theodor Fontane, Klinik für Anästhesie und
Intensivmedizin, Fehrbelliner Str. 38, D-16816 Neuruppin,
Germany, Phone: +49 (0)3391/39-3587
s.krispin@ukrb.de

Please cite as

Krispin SK, Haase-Fielitz A, Spalding G, Steigerwald J, Trenkmann L.
The influence of real-time feedback on the quality of resuscitation: A
prospective study comparing bystanders, paramedic course participants,
and emergency physician trainees. *GMS J Med Educ.*
2025;42(5):Doc66.
DOI: 10.3205/zma001790, URN: urn:nbn:de:0183-zma0017908

This article is freely available from
<https://doi.org/10.3205/zma001790>

Received: 2024-11-29
Revised: 2025-05-12
Accepted: 2025-07-28
Published: 2025-11-17

Copyright

©2025 Krispin 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/>.

Der Einfluss von Echtzeitfeedback auf die Reanimationsqualität: Ein prospektiver Vergleich zwischen Ersthelfenden und Teilnehmenden eines Rettungssanitäter- und Notärztekurses

Zusammenfassung

Zielsetzung: Ziel der Studie war es, den möglichen Nutzen von Echtzeitfeedback in der Reanimationsausbildung von Beteiligten der präklinischen Rettungskette zu analysieren und Unterschiede in der Qualität der Herzdruckmassage (HDM) ohne und mit Feedback zu vergleichen.

Methoden: Primärer Endpunkt war der Anteil der Thoraxkompressionstiefe (5-6cm) und – frequenz (100-120/min) während zweiminütiger HDM zu analysieren. Diese prospektive Kohortenstudie vergleicht Ersthelfende (N=75), angehenden Rettungssanitäter:innen (N=75) und Notärzt:innen (N=75) ohne und mit Feedbacksystem der Zoll X-Series®.

Ergebnisse: Ohne Feedback erreichten RS die Zieldruckfrequenz in 82,7%, EH in 49,8% und NÄ in 75% (RS vs. EH $p<0,001$; NÄ vs. RS $p=0,759$; NÄ vs. EH $p=0,217$). Die Zieldrucktiefe ergab keine signifikanten Unterschiede ohne Feedback.

Mit Feedback erreichten RS die Druckfrequenz in 90,7%, EH in 72,8% und NÄ in 91,4% (RS vs. EH $p<0,001$; NÄ vs. RS $p=0,425$; NÄ vs. EH $p<0,001$).

Mit Feedback erreichten RS die Drucktiefe in 56,9%, EH in 47,3% und NÄ in 75,1% (RS vs. EH $p=0,759$; NÄ vs. RS $p=0,217$; NÄ vs. EH $p=0,002$).

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse belegen die Relevanz von Echtzeitfeedback in notfallmedizinischer Ausbildung, insbesondere für Ersthelfende. Alle Kohorten profitierten signifikant, sodass Feedback die HDM verbessern und außerdem den Kompetenzaufbau fördert. Angesichts der Bedeutung einer hochwertigen HDM ist deren frühzeitige Optimierung bereits im Training essenziell. Daraus ergibt sich der Bedarf, standardisierter Schulungskonzepte inklusive Empfehlungen zum Anwendungszeitpunkt von Feedbacksystemen. Künftige Studien sollten reale, präklinische Bedingungen einbeziehen, zusätzlich die Thoraxentlastung untersuchen, um die Übertragbarkeit auf den Einsatzalltag zu validieren.

Schlüsselwörter: Reanimation, Herzdruckmassage, Feedback, Laienhelfer

Stella-Karolin Krispin¹

Anja Haase-Fielitz^{2,3,4}

Grit Spalding⁵

Jana Steigerwald⁶

Lars Trenkmann^{7,8}

1 Universitätsklinikum Ruppiner Brandenburg, Universitätsklinikum der Medizinischen Hochschule Brandenburg Theodor Fontane, Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin, Neuruppin, Deutschland

2 Immanuel Klinikum Bernau Herzzentrum Brandenburg, Abteilung für Kardiologie, Universitätsklinikum der Medizinischen Hochschule Brandenburg Theodor Fontane, Bernau, Deutschland

3 Gemeinsame Fakultät der Universität Potsdam, der Brandenburgischen Medizinischen Hochschule Theodor Fontane und der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg, Fakultät für Gesundheitswissenschaften (FGW), Cottbus, Deutschland

4 Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Sozialmedizin und Gesundheitssystemforschung, Magdeburg, Deutschland

5 Immanuel Klinikum Bernau Herzzentrum Brandenburg, Universitätsklinikum der Medizinischen Hochschule Brandenburg Theodor Fontane, Zentrale Notaufnahme, Bernau, Deutschland

Einleitung

Sobald es zu einem Herzkreislaufstillstand kommt, muss schnell gehandelt werden, um ein Wiedererlangen des Kreislaufs zu erreichen und neurologischen Schaden abzuwenden [1], [2]. Im Jahr 2023 wurden bei ca. 25.500 Patient*innen präklinische Reanimationen dokumentiert [3]. Ungefähr 10% der präklinisch reanimierten Patient*innen konnten aus dem Krankenhaus entlassen werden [3]. Im ersten Schritt der Überlebenskette sollte ein sofortiger Notruf abgesetzt und zeitgleich mit der Reanimation begonnen werden [4], [5]. Nach durchschnittlich sechs Minuten und 48 Sekunden traf 2023 der Rettungsdienst ein [3]. Da diese Zeitspanne ohne Kreislaufaktivität bereits ausreicht, um irreversible Hirnschäden zu verursachen, ist die sofortige HDM durch Laienhelfer*innen entscheidend für das Überleben. Demzufolge nimmt die Laienreanimationen einen wichtigen Stellenwert bis zur Übernahme der Reanimation durch professionelle Helfer*innen ein. Neben der frühzeitigen Defibrillation bei schockbaren Herzrhythmusstörungen, ist die Herzdruckmassage (HDM) die wichtigste Maßnahme zur Therapie des Kreislaufstillstandes. Die German Resuscitation Council-Leitlinie (GRC-Leitlinie) empfiehlt einen zweiminütigen Helfer*innenwechsel und gibt fünf Parameter vor, die eine qualitativ hochwertige HDM definieren [6]. Diese Parameter bestehen aus dem korrekten Druckpunkt (unteres Drittel des Sternums), einer Drucktiefe von 5-6 cm, einer Druckfrequenz von 100-120 Kompressionen in der Minute, einer kompletten Thoraxentlastung und Kompressionsunterbrechungen kürzer als 10 Sekunden. Es ist bekannt, dass die Thoraxkompressionen häufig unzureichend durchgeführt werden [7]. Deshalb wird von den ERC-Leitlinien regelmäßiges Reanimationstraining und die Nutzung von Echtzeitfeedback empfohlen [8]. Feedbacksysteme bewerten in Echtzeit die Qualität der HDM, vergleichen diese mit den geforderten Parametern, und geben (audio-)visuelle Rückmeldung, sodass die Thoraxkompressionen bei Bedarf adaptiert werden können [9], [10].

6 Klein-Winternheim,
Deutschland

7 Charité – Universitätsmedizin
Berlin, Klinik für Nephrologie
und internistische
Intensivmedizin, Berlin,
Deutschland

8 Notfallmedizinische Aus- und
Weiterbildung Berlin (NAW
Berlin), Staatlich anerkannte
Rettungsdienstschule, Berlin,
Deutschland

Erste Studien, die die Wirksamkeit verschiedener Feedbacksysteme bei Laienhelfer*innen und medizinischem Personal untersuchten, kamen zu dem Ergebnis, dass die HDM mit Hilfe von promptem Feedback qualitativ besser durchgeführt wurde [10]. So zeigten Laienhelfer*innen in der Studie von Krasteva et al. über einen Zeitraum von drei Minuten eine signifikante Verbesserung der Kompressionsqualität [11]. Auch Pflegestudierende profitierten laut Smereka et al. deutlich von der Nutzung von Echtzeitfeedback [12]. Cheng et al. und Buléon et al. berichteten ähnliche Effekte bei erfahrenem medizinischem Personal [13], [14], [15]. Eine aktuelle systematische Übersichtsarbeit von Nicolau et al. bestätigt diese Ergebnisse: korrektive Feedbacksysteme verbessern signifikant die Drucktiefe und -frequenz, unabhängig vom Erfahrungsgrad der Anwender*innen [16]. Die Vergleichbarkeit der bislang publizierten Studien ist begrenzt, da sie sich hinsichtlich Settings, Kompressionsdauer und Zusammensetzung der Teilnehmenden deutlich unterscheiden. Zudem differenziert kaum eine der vorhandenen Arbeiten zwischen den konkreten Berufsgruppen innerhalb der präklinischen Rettungskette. Die Studie von Hostler et al. zeigt Vorteile von Feedbacksystemen im präklinischen Einsatz, bleibt jedoch unspezifisch in Bezug auf die berufliche Rollenverteilung innerhalb des Rettungsteams [17]. Im Vergleich zu den in der Übersichtsarbeit von Nicolau et al. berücksichtigten Untersuchungen adressiert die vorliegende Studie somit eine bislang unterrepräsentierte Zielgruppe – nämlich präklinisch tätiges Personal – unter standardisierten Simulationsbedingungen. Gerade Ersthelfende und der Rettungsdienst übernehmen die initiale Versorgung von Patient*innen mit Kreislaufstillstand, sodass die Qualität der Erstversorgung maßgeblich deren Prognose beeinflusst. Zum Zeitpunkt der Literaturrecherche sind keine Studien bekannt, die einen direkten Vergleich zwischen diesen an der Überlebenskette beteiligten Gruppen vornehmen. Die vorliegende Studie untersucht daher, ob es Unterschiede in der Qualität der HDM zwischen Ersthelfenden, angehenden Rettungssanitäter*innen und angehenden Notärzt*innen gibt – und ob die Integration von promptem Feedback die Reanimationsqualität in den drei Gruppen beeinflusst.

Die Hypothese lautete, dass Laienhelfer*innen mit Nutzung von Echtzeitfeedback eine vergleichbare Qualität der HDM erreichen wie medizinisches Fachpersonal ohne Verwendung von Feedback.

Methoden

Studiendesign und Fallzahl

Die vorliegende Arbeit wurde als prospektive Kohortenstudie konzipiert. Die Fallzahlplanung basiert auf der Arbeit von Buléon et al. [15]. Bei einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$, einer erwarteten Effektgröße von $d=1,0$ und einer angenommenen Differenz von 21% ergab sich eine mindestens erforderliche Gruppengröße von $n=20$, um eine Teststärke (Power) von 0,80 zu erreichen [15]. Zur Erhöhung der Aussagekraft, der Berücksichtigung von möglichen fehlenden Datensätzen und um differenzierte Gruppenvergleiche zu ermöglichen, wurden pro Kohorte 75 Teilnehmende eingeschlossen.

Teilnehmende/Untersuchungspopulation

Die Rekrutierung und Datenerhebung erfolgte an der staatlich anerkannten Rettungsdienstschule „NAW Berlin“. Insgesamt 225 Teilnehmer*innen aus den Ersthilfe-Kursen (EH), den Rettungssanitäter*innenkursen (RS) und den Notärzt*innenkursen (NÄ) nahmen freiwillig, außerhalb der Unterrichtszeiten an der Studie teil. Vor Beginn der Studie erlangten die EH-Teilnehmenden theoretische Kenntnisse zur Durchführung einer HDM. Die Kohorte der RS befand sich zum Zeitpunkt der Datenerhebung nach Beendigung des vierwöchigen, theoretisch-praktischen Unterrichts und vor Beginn der Krankenhaus- und Rettungswachenpraktika. Die NÄ-Kohorte bestand aus approbierten Ärzt*innen, die an einem Notärzt*innenkurs teilnahmen.

Studienumfeld und Ablauf

Der Reanimationssimulator AmbuMan® wurde mit dem Feedbacksystem der Zoll X-Series® ausgestattet und somit der Druckpunkt standardisiert vorgegeben. Zunächst führten die Teilnehmenden eine zweiminütige HDM ohne die Sichtbarkeit des prompten Feedbacks durch. Es erfolgte eine zweiminütige Pause bevor eine erneute, zweiminütige HDM, dieses Mal mit Echtzeitfeedback durchgeführt wurde. Alle Reanimationen wurden unter standardisierten Bedingungen durchgeführt, um äußere Einflussfaktoren zu minimieren.

Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte im Zeitraum von Oktober 2020 bis Januar 2021. Der Schwerpunkt der Reanimationsanalyse bezieht sich auf die Auswertung der Drucktiefe (DT) im Zielbereich (ZB) und der Druckfrequenz (DF) im Zielbereich (ZB). Die Referenzwerte werden von den Re-

animationsleitlinien vorgegeben [5]. Die Drucktiefe sollte sich zwischen 5-6cm befinden. Die Druckfrequenz sollte mit zwischen 100-120 Kompressionen pro Minute durchgeführt werden [5]. „Oberhalb des Zielbereichs“ (oZB) wurden Kompressionen von >6cm Drucktiefe bzw. eine Druckfrequenz von >120 Kompressionen in der Minute bezeichnet. „Unterhalb des Zielbereichs“ (uZB) definierte eine Drucktiefe von unter 5 Zentimetern Kompressionstiefe bzw. unter 100 Kompressionen in der Minute. Die vollständige Thoraxentlastung wurde vom verwendeten Gerät (Feedbacksystem der Zoll X-Series®) einerseits visuell angezeigt, jedoch von der verwendeten Auswertungssoftware (RescueNet Code Review) nicht als exportierbarer Parameter erfasst. Da somit keine quantitativ auswertbaren Daten zur Thoraxentlastung vorlagen, fokussierte sich die Studie auf die objektiv messbaren, leitlinienrelevanten Parameter der Drucktiefe und Druckfrequenz. Der Hersteller gibt für die Kompressionstiefe eine Messgenauigkeit von $\pm 0,6$ cm im Bereich von 1,9-7,6cm an. Die Messung basiert auf Integration eines Beschleunigungsmessers, welcher Filteralgorithmen (z.B. Kalman-Filter) einsetzt, um Störungen auszugleichen. Im Rahmen einer vorherigen Funktionsprüfung wurden die Kompressionstiefe und Kompressionsfrequenz des Feedbacksystems der Zoll X Series® überprüft. Die Anzeige der Kompressionstiefe wurde hierzu mit der Referenzanzeige des Simulators verglichen, während die Kompressionsfrequenz zusätzlich mit einer externen App zur Frequenzmessung validiert wurde. In beiden Fällen zeigte sich eine Übereinstimmung der Messwerte, was auf eine zuverlässige Erfassung der relevanten Parameter durch das Feedbacksystem schließen lässt.

Auswertung und Statistik

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte mithilfe des „RescueNet Code Review“- Programms, welches die Kompressionstiefe- und frequenz mit den vorgegebenen Leitlinienparametern vergleicht. Die statistische Analyse der erhobenen Daten wurde mit der Statistiksoftware „SPSS Version 28 (IBM)“ durchgeführt. Zur Beschreibung der zentralen Tendenz bei ungleichmäßiger Datenverteilung und ordinalen Daten wurde der Median mit dem 25.-75. Perzentil verwendet. Der Vergleich der drei unabhängigen Gruppen erfolgte durch den Mann-Whitney-U-Test, da die Daten nicht parametrisch verteilt waren. Kategorische Variablen wurden mit dem Chi-Quadrat-Test verglichen. Die Ergebnisse werden in Tabellen und Grafiken als Boxplots oder als absolute Zahlen mit prozentualem Anteil dargestellt. Die Berichterstattung dieser prospektiven Kohortenstudie orientiert sich an der STROBE Checkliste (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology) [18].

Ethik

Die Studie wurde vor Beginn der Datenerhebung von der zuständigen Ethikkommission der Medizinischen Hochschule Brandenburg genehmigt (Ethikvotum E-01-

Tabelle 1: Charakteristika der Studienpopulation

| | Gesamt (n=225) | EH (n=75) | RS (n=75) | NÄ (n=75) | p- Wert |
|-----------------------|----------------|------------|------------|------------|---------|
| Anteil Frauen, n (%) | 93 (41,3%) | 30 (40%) | 33 (44%) | 30 (40%) | 0,848 |
| Alter (Median; 25-75) | 27 (20-33) | 24 (19-36) | 20 (19-25) | 31 (30-35) | <0,001 |

20200403). Alle Teilnehmenden wurden vorab aufgeklärt und gaben eine schriftliche Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie ab. Die Durchführung der Studie erfolgte im Einklang mit den ethischen Standards der Deklaration von Helsinki.

Ergebnisse

Daten von Insgesamt 225 Proband*innen, bestehend aus Teilnehmenden eines Erste-Hilfe-Kurses (N=75), Teilnehmenden eines Rettungssanitäter*innenkurses (N=75) und Teilnehmenden eines Notärzt*innenkurses (N=75) wurden analysiert. Die Teilnehmenden waren vergleichbar in der Geschlechterverteilung, mit jeweils etwa 40% weiblichen Teilnehmerinnen (siehe Tabelle 1); Teilnehmende des NÄ-Kurses waren älter als Teilnehmende des EH- und RS-Kurses (siehe Tabelle 1). Die Leitlinie gibt 5 einzuhaltende Parameter einer HDM vor [5]. Der korrekte Druckpunkt wurde durch das vorherige Anbringen des Feedbacksystems auf dem Simulator sichergestellt. Die Auswertung konzentrierte sich auf die zwei Parameter der Drucktiefe und Druckfrequenz.

Qualität HDM ohne Feedbacksystem

Die Zieldrucktiefe wurde von den EH im Median mit 12,4%, von den RS mit 18,4% und von den NÄ mit 15,5% erreicht (EH vs. RS vs. NÄ: $p=0,304$). Oberhalb des Zielbereichs der DT komprimierten die EH im Median mit 85% und die NÄ mit 16,1%, während die RS keine der Kompressionen zu tief durchführten. Es wurden keine Kompressionen unterhalb des Zielbereichs der DT von den EH durchgeführt während die RS im Median mit 62,7% und die NÄ mit 2,4% zu flach komprimierten. In der Auswertung der Druckfrequenz wurde im Median mit 49,8% der Zielbereich von den EH erreicht. Die RS komprimierten mit einer Druckfrequenz im Zielbereich im Median mit 82,7% und die NÄ mit 75%. Im Vergleich zwischen den EH vs. RS gab es einen signifikanten Unterschied von $p<0,001$. Oberhalb des Zielbereichs der DF komprimierten die EH im Median mit 4,2%, die RS mit 4,6% und die NÄ mit 5,3%. Unterhalb des Zielbereichs wurde im Median von den EH mit 2,3%, von den RS mit 0,4% und von den NÄ mit 0,4% komprimiert.

Qualität HDM mit Feedbacksystem

Während das Feedbacksystem genutzt wurde, konnte im Zielbereich der Drucktiefe von den EH im Median mit 47,3%, von den RS mit 56,9% und von den NÄ mit 75,1% komprimiert werden. Im Vergleich zwischen den EH mit

den NÄ liegt ein statistisch signifikanter Unterschied vor ($p=0,002$).

Oberhalb des Zielbereichs der Drucktiefe komprimierten die EH im Median mit 15% und die NÄ mit 4,7% zu tief. Die RS führten keine der Kompressionen zu tief durch. Unterhalb des Zielbereichs der Drucktiefe wurde von den EH im Median mit 10,6%, von den RS mit 24,8% und von den NÄ mit 3,6% komprimiert. In Bezug auf die ausgewertete Druckfrequenz komprimierten die EH im Median mit 72,8%, die RS mit 90,7% und die NÄ mit 91,4% im Zielbereich. Die Ergebnisse zwischen EH vs. RS und EH vs. NÄ sind mit $p<0,001$ statistisch signifikant unterschiedlich. Oberhalb des Zielbereichs wurde von den EH mit 16,2% im Median, von den RS mit 6,4% und von den NÄ mit 0,5% komprimiert. Unterhalb des Zielbereichs führten die EH im Median mit 1,5%, die RS mit 0,4% und die NÄ mit 0,5% die HDM durch.

Einen signifikanten Unterschied zwischen den Kohorten RS und NÄ gab es weder in der Auswertung der Drucktiefe, noch Druckfrequenz. Hinsichtlich der ausgewerteten Parameter konnten zusammengefasst alle Kohorten die Qualität der HDM mittels Echtzeitfeedback steigern. Insbesondere die Kohorte der EH profitierte von promptem Feedback. Die Vergleiche zwischen den Kohorten sind in den Abbildung 1 und Abbildung 2 dargestellt.

Diskussion

Die vorliegende Studie analysiert die Qualität der HDM bei Beteiligten der präklinischen Rettungskette und vergleicht dabei Ersthelfende (EH), angehende Rettungssanitäter*innen (RS) und Notärzt*innen (NÄ). Alle Gruppen konnten ihre HDM-Leistung mithilfe von Echtzeitfeedback signifikant verbessern. Ersthelfer: innen erreichten durch Feedback ein Niveau, das der HDM-Qualität der RS ohne Feedback entsprach.

Bereits ohne Feedbacksystem zeigten sich deutliche Unterschiede: EH erreichten die Zieldrucktiefe im Median in 12,4% der Kompressionen, RS in 18,4% und NÄ in 15,5%. Auch bei der Druckfrequenz lagen EH mit 49,8% deutlich hinter RS (82,7%) und NÄ (75%). Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit früheren Studien, wie jene von Krasteva et al. und Cheng et al., die die Wirksamkeit von Feedbacksystemen zur Verbesserung der HDM-Qualität belegen – sowohl bei Laien, als auch bei medizinischem Fachpersonal [11], [13], [14]. Die Metaanalyse von Nicolau et al. belegt die Wirksamkeit von Feedbacksystemen zur Verbesserung der Drucktiefe und -frequenz, unabhängig vom Erfahrungsstand der Lernenden [16]. Im Gegensatz zu den dort eingeschlossenen Arbeiten fokussiert sich die vorliegende Untersuchung gezielt auf präklinisch

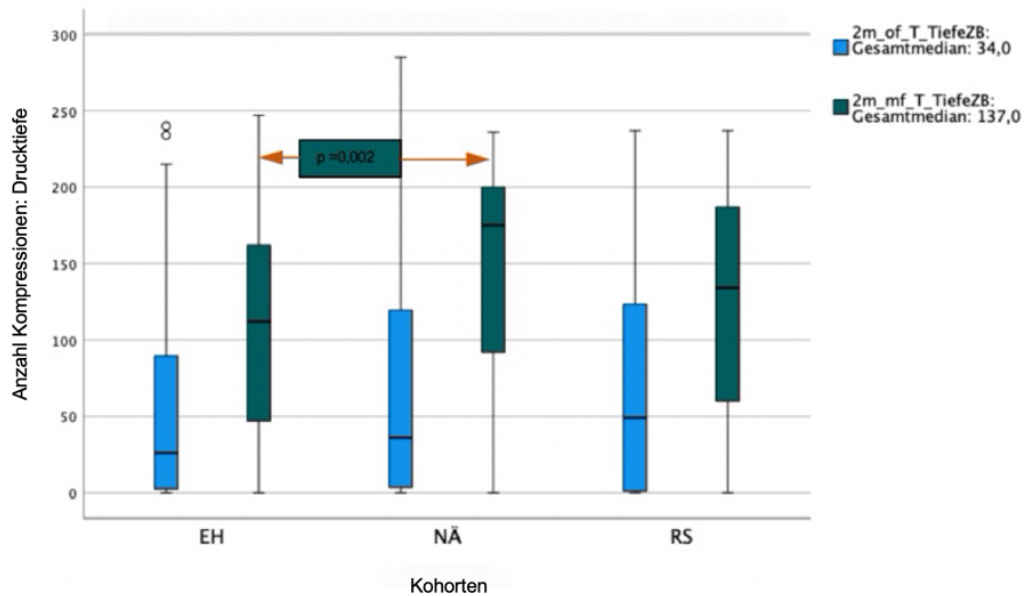


Abbildung 1: Vergleich der medianen Drucktiefe im Zielbereich (ZB) mit (mF) und ohne (oF) Feedbacksystem zwischen Ersthelfern (EH), Teilnehmenden eines Notärztekurses (NÄ) und Teilnehmenden eines Rettungsanitäterkurses (RS)

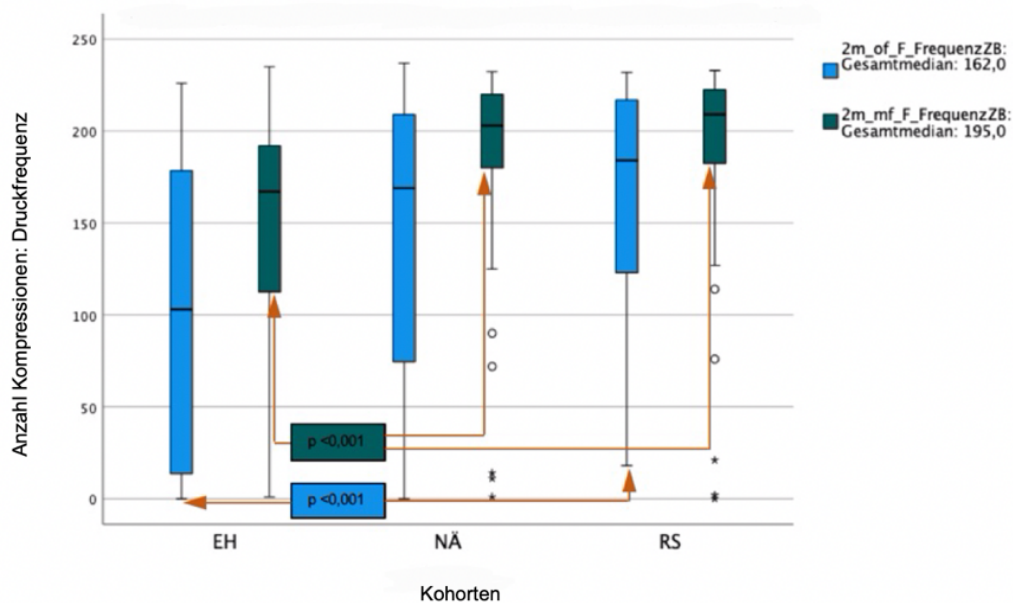


Abbildung 2: Vergleich der medianen Druckfrequenz im Zielbereich (ZB) mit (mF) und ohne (oF) Feedbacksystem zwischen Ersthelfern (EH), Teilnehmenden eines Notärztekurses (NÄ) und Teilnehmenden eines Rettungsanitäterkurses (RS)

tätiges Personal und basiert auf einem einheitlich strukturierten Simulationsprotokoll. Die HDM-Dauer wurde auf zwei Minuten standardisiert, was den Empfehlungen der aktuellen Reanimationsleitlinien entspricht [4], [5], [7], [19]. Das Studiendesign orientiert sich an praxisrelevanten Anforderungen der Reanimationsdurchführung und fördert eine gute Vergleichbarkeit mit den aktuellen Leitlinienempfehlungen. Gleichzeitig minimiert dieser methodische Ansatz Verzerrungen, wie sie in der Metaanalyse von Nicolau et al. durch den Einschluss von Studien mit uneinheitlichen Studienprotokollen und unklaren Definitionen der Feedbackmechanismen kritisiert wurden. Die Leitlinien empfehlen den Einsatz von Feedbacksystemen

in der Ausbildung von Laien- und Fachpersonal, jedoch fehlen konkrete Anweisungen zur Nutzung der Geräte [8]. Weder in den Flussdiagrammen der Schulungsunterlagen noch in den „step-by-step“-Anleitungen der GRC-Leitlinien wird angegeben, wann die Feedbacksensoren angebracht werden sollen [8], [20]. Des Weiteren ist sowohl die EH-Ausbildung, als auch die RS-Ausbildung in Deutschland nicht einheitlich geregelt [21], [22]. Demzufolge ist fraglich inwieweit die Nutzung von Feedbacksystemen in der Reanimationsschulung tatsächlich geschult wird. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse empfehlen wir die Integration von Echtzeitfeedback in den Schulungsunterlagen und der notfallmedizinischen

Ausbildung. Ein weiterer möglicher Erklärungsansatz für die Verbesserung der HDM- Qualität durch Echtzeitfeedback liegt im haptischen Lernen. Laut der Übersichtsarbeit von Marchal-Crespo und Reinkensmeyer kann haptisches Feedback motorische Fertigkeiten gezielt fördern, insbesondere wenn visuelle oder auditive Rückmeldungen allein nicht ausreichen [23]. Übertragen auf die HDM könnte Echtzeitfeedback den Teilnehmenden helfen, ein taktiles Gespür für Drucktiefe und Druckfrequenz zu entwickeln und diese Parameter während der Durchführung unmittelbar zu korrigieren. Ohne Rückmeldung könnte es, aufgrund individueller Thoraxanatomie und möglicherweise fehlendem Zeitgefühl in Stresssituationen schwerfallen, die geforderten Zielwerte korrekt einzuschätzen. Diese Annahme wird durch die Studie von Miotto et al. gestützt, welche zeigt, dass theoretisches Training allein nicht ausreicht, um die psychomotorischen Fähigkeiten für eine qualitativ hochwertige HDM zu entwickeln [24]. Praktische Übungen – und hier das Echtzeitfeedback – ermöglichen es, die Technik direkt zu überprüfen und anzupassen. Darüber hinaus könnte das Feedbacksystem die Aufmerksamkeit und Motivation der Teilnehmenden gefördert haben, da sie ihre Leistung kontinuierlich überwachen konnten. Besonders für unerfahrene Ersthelfende bietet dies einen wertvollen Lernmechanismus. Der Aufbau der Studie – zunächst HDM ohne Feedback, anschließend mit Feedback – könnte diesen Effekt verstärkt haben, da die Teilnehmenden ihre anfänglichen Einschätzungen im zweiten Durchgang gezielt verbessern konnten. Neben den zuvor diskutierten Aspekten zur Erklärung der inhomogenen Ergebnisse zwischen den Kohorten sollte auch die unterschiedliche Aufgabenverteilung innerhalb des Rettungsteams in die Betrachtung einbezogen werden. Das Crew Resource Management Konzept sieht eine Führungsrolle in Notfallsituationen vor [25]. Die Aufgabe der Teamleitung während einer Reanimation wird häufig von den Notärzt*innen übernommen [26]. Diese Aufgabenverteilung lässt vermuten, dass Rettungssanitäter*innen häufiger die HDM selbst durchführen, während die Notärzt*innen, neben heilkundlichen Maßnahmen, die Koordination des Teams übernehmen. Notärzt*innen verfügen aufgrund ihrer umfassenden Ausbildung über die höchste notfallmedizinische Qualifikation unter den Einsatzkräften. In kleineren Teams kann es erforderlich sein, dass es aufgrund des notwendigen Helfer*innenwechsels nach zwei Minuten erforderlich ist, dass sie selbst die HDM durchführen. Demzufolge sollte die sachgerechte Durchführung der HDM von allen Beteiligten der Überlebenskette, beginnend mit den Ersthelfenden bis zum Rettungsteam vorausgesetzt werden. Es ist bekannt, dass häufiges Reanimationstraining die Kompressionsqualität verbessert [27]. Dementsprechend könnte das fehlende Training im EH-Bereich bzw. während der noch nicht abgeschlossenen RS- und auch NÄ-Ausbildung Einfluss auf die Qualität der HDM gehabt haben. Trotzdem sich die Teilnehmenden dieser Studie noch in der Ausbildung befanden, wiesen jene mit notfallmedizinischem Hintergrundwissen tendenziell

bessere Leistungen auf und betonen die Relevanz von Feedbacksystemen, vor allem für Ersthelfende.

Besonders hervorzuheben ist, dass alle Kohorten, unabhängig von ihrer Vorerfahrung, vom Echtzeitfeedback profitierten. Dies unterstreicht dessen Bedeutung insbesondere für die ersten Glieder der Rettungskette. Diese Erkenntnis korrespondiert mit den Ergebnissen von Nicolaou et al., wonach Echtzeitfeedback nicht nur kurzfristig die Kompressionsqualität verbessert, sondern auch einen lernfördernden Effekt für motorische und haptische Fertigkeiten haben kann – insbesondere in kompakten, gut strukturierten Trainings.

Limitationen

Gleichzeitig sind einige methodische Einschränkungen zu berücksichtigen: Die Analyse konzentrierte sich auf die Drucktiefe und -frequenz. Zudem basierte die Messung auf Beschleunigungssensoren, die durch externe Faktoren beeinflusst werden könnten. Der Einsatz eines „within-subjects“-Designs minimierte einerseits individuelle Unterschiede, schließt jedoch einen geringfügigen Lerneffekt durch die feste Testreihenfolge nicht vollständig aus. Der mögliche Effekt der unterschiedlichen Vorbildung der NÄ aus den unterschiedlichen Fachdisziplinen wurde in der Studie aufgrund der Gruppengröße nicht analysiert und sollte in weiterführenden Studien untersucht werden. Zukünftige Studien sollten auch die Thoraxentlastung berücksichtigen und den Einsatz von Feedbacksystemen unter realen, präklinischen Bedingungen untersuchen, um die Übertragbarkeit auf den Einsatzalltag noch fundierter bewerten zu können.

Schlussfolgerung

In der Zusammenschau der Daten bekräftigen die Ergebnisse die Relevanz von Echtzeitfeedback in der notfallmedizinischen Ausbildung und sprechen für dessen Integration in zukünftige Schulungskonzepte.

ORCIDs der Autor*innen

- Stella-Karolin Krispin: [0009-0001-7798-6571]
- Anja Haase-Fielitz: [0000-0001-6881-2249]
- Lars Trenkmann: [0009-0006-7770-7022]

Daten

Daten für diesen Artikel sind im Dryad-Repositoryum verfügbar: [<https://doi.org/10.5061/dryad.9w0vt4brg>] [28]

Interessenkonflikt

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

Für die Datenerhebung wurde der Reanimationssimulator AmbuMan® von der Rettungsdienstschule NAW Berlin kostenfrei bereitgestellt. Die Firma Zoll stellte das Feedbacksystem der Zoll X-Series® ebenfalls kostenfrei zur Verfügung.

Literatur

- Sandroni C, Cronberg T, Sekhon M. Brain injury after cardiac arrest: pathophysiology, treatment, and prognosis. *Intensive Care Med.* 2021;47(12):1393-1414. DOI: 10.1007/s00134-021-06548-2
- Reynolds JC, Salcido DD, Menegazzi JJ. Coronary perfusion pressure and return of spontaneous circulation after prolonged cardiac arrest. *Prehosp Emerg Care.* 2010;14(1):78-84. DOI: 10.3109/10903120903349796
- Fischer M, Wnent J, Graßner JT, Seewald S, Brenner S, Bein B, Ristau P, Bohn A; die teilnehmenden Rettungsdienste im Deutschen Reanimationsregister. *Öffentlicher Jahresbericht 2023 des Deutschen Reanimationsregisters: Außerklinische Reanimation 2023.* Nürnberg: Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin; 2024. p.3-17. Zugänglich unter/available from: <https://www.reanimationsregister.de/downloads/oeffentliche-jahresberichte/oeffentliche-jahresberichte-ausserklinische-reanimation/305-ausserklinischer-jahresbericht-2023/file.html>
- Horriar L, Rott N, Bottiger BW. Improving survival after cardiac arrest in Europe: The synergetic effect of rescue chain strategies. *Resusc Plus.* 2024;17:100533. DOI: 10.1016/j.resplu.2023.100533
- European Resuscitation Council (ERC). *Reanimation 2021 - Leitlinien kompakt.* Ulm: Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council e.V. (GRC); 2021. p.29, 35-39. Zugänglich unter/available from: https://www.grc-org.de/files/Contentpages/document/Leitlinienkompakt_26.04.2022.pdf
- European Resuscitation Council (ERC). *Reanimation 2021 - Leitlinien kompakt.* Ulm: Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council e.V. (GRC); 2021. p.37, 46-56. Zugänglich unter/available from: https://www.grc-org.de/files/Contentpages/document/Leitlinienkompakt_26.04.2022.pdf
- McDonald CH, Heggie J, Jones CM, Thorne CJ, Hulme J. Rescuer fatigue under the 2010 ERC guidelines, and its effect on cardiopulmonary resuscitation (CPR) performance. *Emerg Med J.* 2013;30(8):623-627. DOI: 10.1136/emered-2012-201610
- European Resuscitation Council (ERC). *Wiederbelebung GRC-DRf. Basismassnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener.* Ulm: Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council e.V. (GRC); 2021. Zugänglich unter/available from: https://www.grc-org.de/files/Contentpages/document/Leitlinienkompakt_26.04.2022.pdf
- Lukas R, Van Aken H, Engel P, Bohn A. Echtzeit-Feedback-Systeme zur Verbesserung der Reanimationsqualität [Real-time feedback systems for improvement of resuscitation quality]. *Anaesthesist.* 2011;60(7):653-660. DOI: 10.1007/s00101-011-1909-9
- Gugelmin-Almeida D, Tobase L, Polastri TF, Peres HH, Timerman S. Do automated real-time feedback devices improve CPR quality? A systematic review of literature. *Resusc Plus.* 2021;6:100108. DOI: 10.1016/j.resplu.2021.100108
- Krasteva V, Jekova I, Didon JP. An audiovisual feedback device for compression depth, rate and complete chest recoil can improve the CPR performance of lay persons during self-training on a manikin. *Physiol Meas.* 2011;32(6):687-699. DOI: 10.1088/0967-3334/32/6/006
- Smereka J, Szarpak L, Czekajlo M, Abelson A, Zwolinski P, Plusa T, Dunder D, Dabrowski M, Wiesniewska Z, Robak O, Fraas M, Sivrikaya U, Ruetzler K. The TrueCPR device in the process of teaching cardiopulmonary resuscitation: A randomized simulation trial. *Medicine (Baltimore).* 2019;98(27):e15995. DOI: 10.1097/MD.0000000000015995
- Cheng A, Brown LL, Duff JP, Davidson J, Overly F, Tofil NM, Peterson DT, White ML, Bhanji F, Bank I, Gottesman R, Adler M, Zhong J, Grant V, Grant DJ, Sudikoff SN, Marohn K, Charnovich A, Hunt EA, Kessler DO, Wong H, Robertson N, Lin Y, Doan Q, Duval-Arnould JM, Nadkarni VM; International Network for Simulation-Based Pediatric Innovation, Research, & Education (INSPIRE) CPR Investigators. Improving cardiopulmonary resuscitation with a CPR feedback device and refresher simulations (CPR CARES Study): a randomized clinical trial. *JAMA Pediatr.* 2015;169(2):137-144. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2014.2616
- Cheng A, Overly F, Kessler D, Nadkarni VM, Lin Y, Doan Q, Duff JP, Tofil NM, Bhanji F, Adler M, Charnovich A, Hunt EA, Brown LL; International Network for Simulation-based Pediatric Innovation, REsearch, Education (INSPIRE) CPR Investigators. Perception of CPR quality: Influence of CPR feedback, Just-in-Time CPR training and provider role. *Resuscitation.* 2015;87:44-50. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2014.11.015
- Buleon C, Delaunay J, Parienti JJ, Halbout L, Arrot X, Gerard JL, Hanouz JL. Impact of a feedback device on chest compression quality during extended manikin CPR: a randomized crossover study. *Am J Emerg Med.* 2016;34(9):1754-1760. DOI: 10.1016/j.ajem.2016.05.077
- Nicolau A, Jorge I, Vieira-Marques P, Sa-Couto C. Influence of Training With Corrective Feedback Devices on Cardiopulmonary Resuscitation Skills Acquisition and Retention: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR Med Educ.* 2024;10:e59720. DOI: 10.2196/59720
- Hostler D, Everson-Stewart S, Rea TD, Stiell IG, Callaway CW, Kudenchuk PJ, Sears GK, Emerson SS, Nichol G; REsuscitation Outcomes Consortium Investigators. Effect of real-time feedback during cardiopulmonary resuscitation outside hospital: prospective, cluster-randomised trial. *BMJ.* 2011;342:d512. DOI: 10.1136/bmj.d512
- von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP; Iniciativa STROBE. Declaración de la iniciativa STROBE (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology): directrices para la comunicación de estudios observacionales [The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies]. *Rev Esp Salud Publica.* 2008;82(3):251-259. DOI: 10.1590/s1135-57272008000300002
- European Resuscitation Council (ERC). *Reanimation 2015 - Leitlinien kompakt Ulm: Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council e.V. (GRC); 2015. p.44-45, 91-100, 70-71.*
- European Resuscitation Council (ERC). *Wiederbelebung GRC-DRf. Erweiterte Massnahmen zur Reanimation von Erwachsenen (ALS).* Ulm: Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council e.V. (GRC); 2021. Zugänglich unter/available from: https://www.grc-org.de/files/Contentpages/document/Leitlinienkompakt_26.04.2022.pdf

21. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). Ermächtigung von Stellen für die Aus- und Fortbildung in der Ersten Hilfe. Berlin: DGUV; 2022. p.18. Zugänglich unter/available from: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/88>
22. Deutscher Bundestag. Ausbildung und Berufsausübung von Rettungssanitätern. Vergleich landesrechtliche Bestimmungen. Berlin: Wissenschaftliche Dienste 9: Gesundheit, Familie, Senioren, Frauen und Jugend; 2022. p.4-5. Zugänglich unter/available from: <https://www.bundestag.de/resource/blob/912896/e896cc1c5c4599645ff6b1cbb4fd3deb/WD-9-049-22-pdf-data.pdf>
23. Basalp E, Wolf P, Marchal-Crespo L. Haptic Training: Which Types Facilitate (re)Learning of Which Motor Task and for Whom? Answers by a Review. IEEE Trans Haptics. 2021;14(4):722-739. DOI: 10.1109/TOH.2021.3104518
24. Miotto HC, da Silva Camargos FR, Ribeiro CV, Goulart EM, da Consolação Vieira Moreira M. Effects of the use of theoretical versus theoretical-practical training on CPR. Arq Bras Cardiol. 2010;95(3):328-331. DOI: 10.1590/s0066-782x2010005000104
25. Haerkens MH, Jenkins DH, van der Hoeven JG. Crew resource management in the ICU: the need for culture change. Ann Intensive Care. 2012;2(1):39. DOI: 10.1186/2110-5820-2-39
26. Senatsverwaltung für Inneres Berlin. Verordnung über den Notarzdienst. Berlin: Senatsverwaltung für Inneres; 2010. p.3. Zugänglich unter/available from: <https://gesetze.berlin.de/bsbe/document/jlr-DNArztVBEV1P1>
27. Riggs M, Franklin R, Saylany L. Associations between cardiopulmonary resuscitation (CPR) knowledge, self-efficacy, training history and willingness to perform CPR and CPR psychomotor skills: A systematic review. Resuscitation. 2019;138:259-272. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2019.03.019
28. Krispin SK, Haase-Fielitz A, Spalding G, Steigerwald J, Trenkmann L. The influence of real-time feedback on the quality of resuscitation: a prospective study comparing bystanders, paramedic course participants, and emergency physician trainees. Dryad; 2025. DOI: 10.5061/dryad.9w0vt4brg

Korrespondenzadresse:

Stella-Karolin Krispin
 Universitätsklinikum Ruppin- Brandenburg,
 Universitätsklinikum der Medizinischen Hochschule
 Brandenburg Theodor Fontane, Klinik für Anästhesie und
 Intensivmedizin, Fehrbelliner Str. 38, 16816 Neuruppin,
 Deutschland, Tel: +49 (0)3391/39-3587
 s.krispin@ukrb.de

Bitte zitieren als

Krispin SK, Haase-Fielitz A, Spalding G, Steigerwald J, Trenkmann L. The influence of real-time feedback on the quality of resuscitation: A prospective study comparing bystanders, paramedic course participants, and emergency physician trainees. GMS J Med Educ. 2025;42(5):Doc66. DOI: 10.3205/zma001790, URN: urn:nbn:de:0183-zma0017908

Artikel online frei zugänglich unter

<https://doi.org/10.3205/zma001790>

Eingereicht: 29.11.2024

Überarbeitet: 12.05.2025

Angenommen: 28.07.2025

Veröffentlicht: 17.11.2025

Copyright

©2025 Krispin 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/>.