



# Advanced Clinical Neonatal Nursing Students' Transfer of Performance: From Skills Training With Real-Time Feedback on Ventilation to a Simulated Neonatal Resuscitation Scenario

Irene Rød<sup>1</sup>, Anna-Kristi Jørstad<sup>2</sup>, Hanne Aagaard<sup>1</sup>, Arild Rønnestad<sup>2,3</sup> and Anne Lee Solevåg<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Master and Postgraduate Education, Lovisenberg Diaconal University College, Oslo, Norway, <sup>2</sup> Faculty of Medicine, University of Oslo, Oslo, Norway, <sup>3</sup> Department of Neonatal Intensive Care, Division of Pediatric and Adolescent Medicine, Oslo University Hospital, Rikshospitalet, Oslo, Norway

## OPEN ACCESS

### Edited by:

Michael Wagner,  
Medical University of Vienna, Austria

### Reviewed by:

Lukas Peter Mieder,  
Medical University of Graz, Austria  
Janneke Dekker,  
Leiden University, Netherlands

### \*Correspondence:

Anne Lee Solevåg  
a.l.solevag@medisin.uio.no

### Specialty section:

This article was submitted to  
Neonatology,  
a section of the journal  
Frontiers in Pediatrics

Received: 31 January 2022

Accepted: 28 March 2022

Published: 18 April 2022

### Citation:

Rød I, Jørstad A-K, Aagaard H, Rønnestad A and Solevåg AL (2022) Advanced Clinical Neonatal Nursing Students' Transfer of Performance: From Skills Training With Real-Time Feedback on Ventilation to a Simulated Neonatal Resuscitation Scenario. *Front. Pediatr.* 10:866775. doi: 10.3389/fped.2022.866775

**Background:** Advanced clinical neonatal nurses are expected to have technical skills including bag-mask ventilation. Previous studies on neonatal bag-mask ventilation skills training focus largely on medical students and/or physicians. The aim of this study was to investigate whether advanced clinical neonatal nursing students' bag-mask ventilation training with real-time feedback resulted in transfer of bag-mask ventilation performance to a simulated setting without feedback on ventilation.

**Materials and Methods:** Students in advanced clinical neonatal nursing practiced bag-mask ventilation on a premature manikin (Premature Anne, Laerdal Medical, Stavanger, Norway) during skills training. A flow sensor (Neo Training, Monivent AB, Gothenburg, Sweden) was placed between the facemask and the self-inflating bag (Laerdal Medical), and visual feedback on mask leak (%), expiratory tidal volume ( $VT_e$  in ml/kg), ventilation rate and inflation pressure was provided. Two months later, the students participated in a simulated neonatal resuscitation scenario. The same variables were recorded, but not fed back to the students. We compared ventilation data from skills- and simulation training. A structured questionnaire was used to investigate the students' self-perceived neonatal ventilation competence before and after the skills- and simulation training.

**Results:** Mask leakage and ventilation rate was higher, and  $VT_e$  lower and highly variable in the simulated scenario compared with skills training (all  $p < 0.001$ ). There was no statistically significant difference in inflation pressure ( $p = 0.92$ ). The fraction of ventilations with  $VT_e$  within the target range was lower during simulation (21%) compared to skills training (30%) ( $p < 0.001$ ). There was no difference in the students' self-perceived competence in bag-mask ventilation before vs. after skills- and simulation training.

**Conclusion:** Skills training with real-time feedback on mask leak, ventilation rate, tidal volume, and inflation pressure did not result in objective or subjective improvements in bag-mask ventilation in a simulated neonatal resuscitation situation. Incorrect  $VT_e$  delivery was common even when feedback was provided. It would be of interest to study whether more frequent training, and training both with and without feedback, could improve transfer of performance to a simulated resuscitation setting.

**Keywords:** advanced neonatal nursing education, resuscitation, real-time feedback, simulation, bag-mask ventilation

## INTRODUCTION

When a newborn infant needs stabilization and resuscitation, the advanced clinical neonatal nurse participates in the team. There are three intrinsic elements of human performance in these situations: 1. technical skills; and non-technical, i.e., 2. Cognitive, and 3. behavioral skills. According to the “sociotechnical systems” theory, these elements are to some extent inseparable from each other (1–4). A concept related to the sociotechnical systems theory is the “human factor” aspect, which can be attributed to the individual, team, or the way individuals interact with the environment (5, 6). At the individual level, extensively studied human factors include cognition, fatigue, and physical ability (7). Healthcare professionals’ performance in neonatal resuscitation depends on cognitive- and technical skills, as well as human factors (8).

Although, airway management is often the responsibility of physicians and respiratory therapists, the advanced clinical neonatal nurse is expected and required to have the knowledge, technical and non-technical skills, and execute physical and mental tasks, actions, and functions as a part of the resuscitation team. However, studies have shown that even experienced healthcare professionals have problems performing correct bag-mask ventilation (9, 10). Challenges include mask leakage, too low or high ventilation rate, and variable delivery of volume and pressure to the lungs (9). Both under- and over-delivery of volumes and pressures to the lungs may be harmful, causing prolonged hypoxia and bradycardia, and lung overdistension (volu- and barotrauma) and hypocapnia, respectively (11). The risk of negative long-term consequences of inappropriate ventilation may be particularly pronounced in premature infants because their lungs are immature and surfactant deficient, and their brains more vulnerable to fluctuations in blood carbon dioxide partial pressure (9, 11).

The International Liaison Committee on Resuscitation recommends programs that include simulation training with feedback from different sources including devices such as respiratory monitoring devices (12). Real-time feedback may prompt healthcare professionals to focusing on reducing mask leak and optimizing ventilation rate, tidal volume and inflation pressure, as well as provide faster learning (13) and improve the quality of resuscitation (14). During simulated neonatal

cardiopulmonary resuscitation, respiratory monitoring devices, and verbal feedback were helpful methods to reduce mask leak and increase tidal volume significantly (15). Feedback on expired tidal volume ( $VT_e$ ) and ventilation pressure helps to identify the need to make adjustments in the mask position or in the positioning of the infant, and may also aid the identification of airway obstruction and changes in lung compliance (14). A recent randomized crossover simulation study found that real-time feedback improved the quality of pediatric resuscitation performed by medical students, neonatal fellows and consultants, and *one* nurse (10), reinforcing that studies on bag-mask ventilation skills training focus largely on medical students and physicians.

Thus, the objective of this study was to investigate whether bag-mask ventilation skills training with real-time feedback on mask leak, delivered tidal volume, ventilation rate, and inflation pressure, enabled students in advanced clinical neonatal nursing to perform high-quality bag-mask ventilation in a simulated neonatal resuscitation scenario.

## MATERIALS AND METHODS

### Context and Setting

Students in the master’s degree program normally participate in simulation training every half-term, but due to the Covid pandemic, the first-term simulation training was replaced with an online training case, using a video-recorded simulated scenario. This present project was conducted in the second half-term of the master’s degree program in advanced clinical neonatal nursing. Skills and simulation training took place in the simulation room at Lovisenberg Diaconal University College (LDUC), Oslo, Norway.

### Participants and Ethics

The requirement for admission to the master’s degree program is a completed Bachelor’s degree in nursing. Additionally, students must have at least 2 years of full-time postgraduate nursing experience, including minimum 1 year of full-time experience relevant to the program. Norwegian neonatal intensive care units (NICUs) are classified based on the level of medical treatment and neonatal care that they provide (16). The students in this study worked in category 3a units (cares for sick term infants and premature infants with gestational ages  $\geq 28 + 0$ , usually  $> 1,200$  grams), 3b units (cares for sick term infants and premature

**Abbreviations:**  $VT_e$ , expiratory tidal volume; NICU, neonatal intensive care unit; LDUC, Lovisenberg Diaconal University College; IQR, interquartile range; CPR, cardiopulmonary resuscitation.

infants with gestational ages  $\geq 26 + 0$ , usually  $> 900$  grams) and 3c units (cares for sick term infants and premature infants with gestational ages  $\geq 23 + 0$ ).

The project was approved by the head of the faculty at LDUC and the Norwegian Center for Research Data (NSD). All students at the master's degree program in advanced clinical neonatal nursing received oral information and a written invitation to participate in the study, and the participating students gave their written consent.

## Monivent Neo Training

The Neo Training system (Monivent AB, Gothenburg, Sweden) is designed to support neonatal ventilation skills training, and improve and maintain manual ventilation skills (17). Monivent Neo Training measures flow via a sensor module connected as a spacer between the manual ventilation device and a facemask. Wireless data transmission improves realism by eliminating the need for cables or pipes. The sensor module provides continuous measurements that are fed back as ventilation parameters including mask leakage, tidal volume, ventilation rate, and inflation pressure. Real-time feedback is displayed numerically and graphically on an external monitor/tablet. A color indicator on the monitor/tablet and on the sensormodule shows whether the *tidal volumes* are within a specified target range. The color indicator thus serves as a guide to making adjustments to improve ventilation.

## Skills Training

In August 2021, the students at the master's degree program ( $n = 24$ ) participated in training on technical skills related to bag-mask ventilation of a term and a premature manikin.

In alignment with the International Nursing Association for Clinical Simulation and Learning (INACSL) (18), learning objectives were aligned with the curriculum for the master's program in advanced clinical neonatal nursing and based on the theory of deliberate practice. Deliberate practice is a training approach where learners are given: a discrete goal to achieve, immediate feedback on their performance, and ample time for repetition to improve performance (19).

Lectures were given in advance of the skills training and focused on the guidelines for resuscitation, and theoretical and practical perspectives on neonatal ventilation. The lectures addressed how to place the face mask, definitions of effective ventilation (tidal volume 4–6 ml/kg and rate 30  $\text{min}^{-1}$ ), and ventilation corrective actions, e.g., establishment and maintenance of open airways, repositioning of the baby's head to secure a neutral position, and chin-jaw lifts to enlarge the pharynx. The ventilation skills training was organized in two sessions. In the first session, the students practiced bag-mask ventilation on a term manikin (Baby Anne, Laerdal Medical, Stavanger, Norway) to ensure that they managed basic ventilation skills prior to the commencement of the study data acquisition. This manikin has a realistic airway resistance that allows students to learn the important techniques of opening the airways and chin-jaw lifting (20). In groups of three, the students, in turn, practiced bag-mask ventilation with verbal guidance from a trained facilitator.

In the second session, i.e., the study baseline session, the students practiced one-by-one on a premature manikin (Premature Anne, Laerdal Medical, Stavanger, Norway). Each student ventilated the manikin for 3 min. During this session, they got visual real-time feedback on ventilation using the Monivent Neo Training system, supplemented by verbal feedback from a trained facilitator.

## Simulation Training

In October 2021, full-scale simulations were performed in accordance with recommendations from the INACSL with briefing, simulation, debriefing and evaluation (18). A trained simulation facilitator was responsible for all four phases of the simulation. The objectives and scenario were presented to the students prior to the simulation training. Each simulation session lasted approximately 75 min; 10 min were used to prepare and present the students to the manikin and simulation room, the simulation scenario lasted 20–25 min, followed by a 30–40 min debriefing. The resuscitation teams in the simulated scenarios consisted of three students ( $n = 24$ ) and one physician. In each team, one student was assigned the main nurse role with responsibility for airway management. The other two students were handling medications, prepared equipment for intubation, etc. All teams simulated the scenario twice, with a change of tasks and roles between the two scenarios. The time schedule allowed for ten students to be randomly selected to take the main nurse role of managing the airways in a scenario. The premature manikin (Premature Anne, Laerdal Medical, Stavanger, Norway) was used and the same ventilation variables as in the second session of the skills training (premature manikin) were recorded with the Monivent Neo training system. However, the students did not receive feedback on the ventilation parameters.

## Monivent Data Collection and Recording

Testing of the setup with support from Monivent AB revealed no internal air leak in the Premature Anne manikin airways. The target  $VT_e$  was 4–6 ml/kg and set according to a 750 g infant (Premature Anne, Laerdal Medical). A flow sensor (Neo Training, Monivent AB) was placed between the facemask (Monivent AB) and a self-inflating bag (Laerdal Silicone Resuscitator, Laerdal Medical) to measure and display on a tablet (iPad, Apple Inc., Cupertino, CA, United States), graphically and numerically mask leakage (%), expiratory tidal volume ( $VT_e$  in ml/kg), ventilation rate ( $\text{min}^{-1}$ ) and inflation pressure (cm  $H_2O$ ) in real-time. The tablet wirelessly stored the variables for later analysis.

## Questionnaire 1

After skills- and simulation training had both been completed, a structured Likert-scale questionnaire was used to investigate the students' self-perceived competence in bag-mask ventilation before vs. after skills- and simulation training. In the questionnaire, the students also reported in which category NICU they were employed, whether they had performed neonatal ventilation in clinical practice, and the number of years of clinical work experience.

## Questionnaire 2

To shed light on the results, a *post-hoc* questionnaire was distributed to investigate the students' preferred ventilation device, whether they were used to being in charge of airway management, and about their perceived stress in the simulation training.

## Data Handling and Statistical Analyses

We tested for differences in the fraction of correct ventilations ( $VT_e$ ) between sessions (skills- or simulation training) by making cross tabulations. To examine the direction of potential differences, we made box and whisker plots and bar charts. Continuous variables were compared between sessions with Mann-Whitney  $U$  non-parametric test. Categorical variables are presented as numbers with percent and continuous variables as median with interquartile range (IQR).  $P$ -values are 2-sided and significance level  $< 0.05$ . Statistical analyses were performed with IBM SPSS 27 for Mac (IBM Corporation, Armonk, NY, United States).

## RESULTS

Data were registered from the 10 students who performed bag-mask ventilation both in the skills training and during simulation. These students had median (IQR) years of clinical experience of 7 (4–11) years, ranging from 3 to 16 years. One student worked in a category 3a NICU, two students in a category 3b NICU, and seven students in a category 3c NICU. Except for the student from the 3a NICU and one student from a 3c NICU, all students reported having performed neonatal ventilation in clinical practice. Eight students answered the *post-hoc* questionnaire 2. Five students preferred the T-piece, two preferred a bag, and one had no preferred device for manual ventilations. Three students were familiar with being responsible for airway management, whereas five students were not used to having this role. The simulation training was perceived as being stressful, but for most ( $n = 6$ ), experienced as positive stress, e.g., helping them to stay focused.

## Summary Results All Students Pooled

We analyzed 4.166 ventilations, 876 during skills training and 3.290 during simulation.

In the skills training, 52% of ventilations had a higher than recommended  $VT_e$ , and 18% lower than recommended. In the simulation training, 31% of ventilations had a higher than recommended  $VT_e$ , and 48% lower than recommended. The fraction of correct ventilations (30% versus 21%) was significantly different between skills and simulation training ( $p < 0.001$ ).

**Figure 1** presents ventilation parameters during skills- vs. simulation training. Leakage was 30 (8–48) and 70 (40–91)% ( $p < 0.001$ ), respectively;  $VT_e$  was 6 (5–8) and 4 (2–7) ml/kg ( $p < 0.001$ ), ventilation rate 32 (27–40) and 42 (33–53)  $\text{min}^{-1}$  ( $p < 0.001$ ), and inflation pressure 20 (17–24) and 20 (15–25)  $\text{cmH}_2\text{O}$  ( $p = 0.92$ ), respectively.

## Individual Student Results

**Figures 2, 3** present individual student results. One student (#4) had similar results for mask leak and ventilation rate during skills training and simulation. The other students had results consistent with the summary results, i.e., a higher leakage and ventilation rate, and lower  $VT_e$  in the simulation compared with skills training.

## Questionnaires

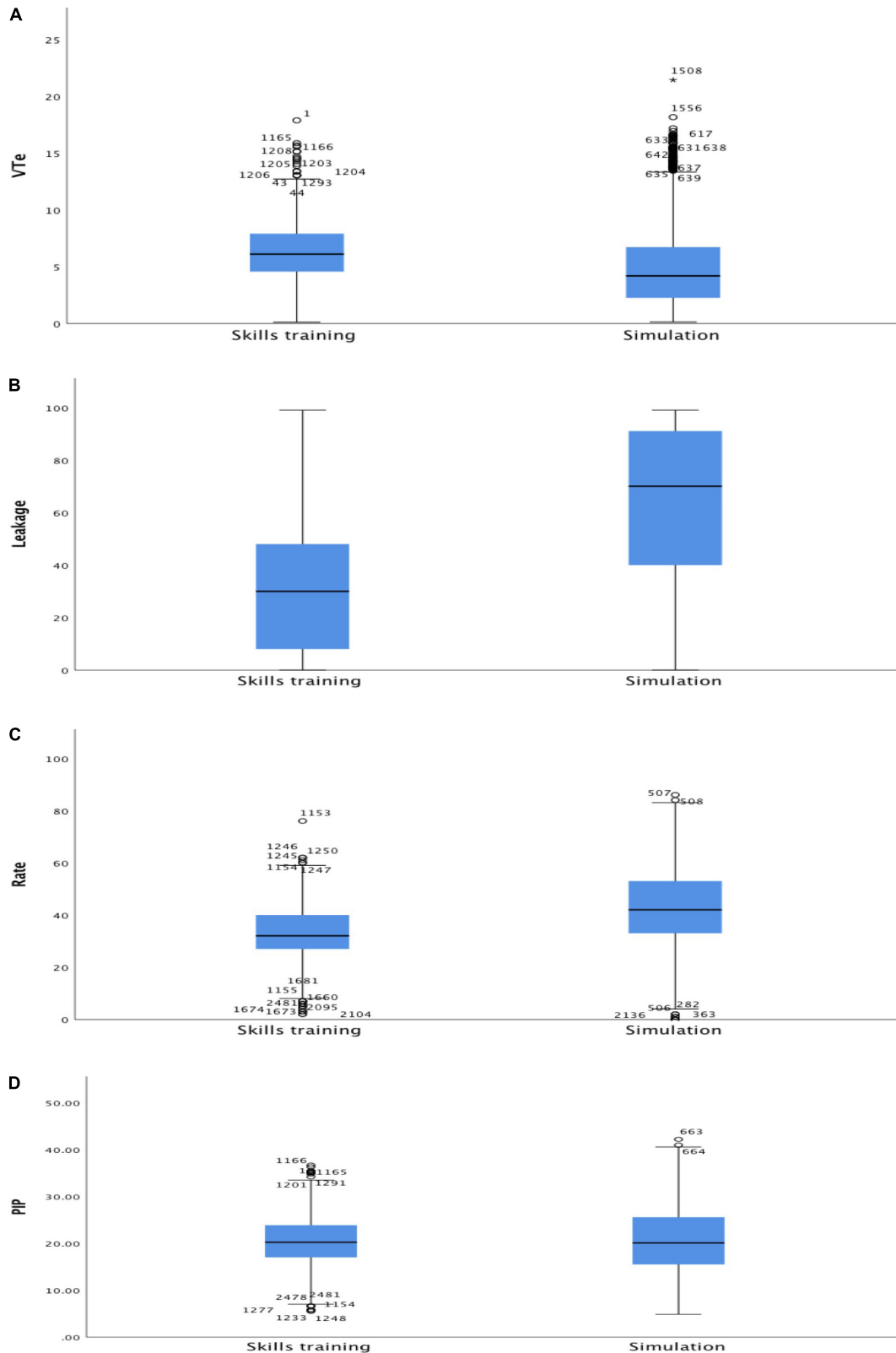
The results of questionnaire 1 are presented in **Figure 4**. One student perceived his/her bag-mask ventilation and corrective action skills as being lower after skills- and simulation training but expressed that the lectures, skills training, and simulation contributed to an increased level of competence. In the remaining questionnaires, there was a slight improvement in how the students assessed their own skills in bag-mask ventilation and corrective actions, with more students rating their skills as “high” after skills- and simulation training. However, the difference was not significant ( $p = 0.22$  and  $p = 0.55$  for bag-mask ventilation skills and ventilation corrective actions, respectively).

## DISCUSSION

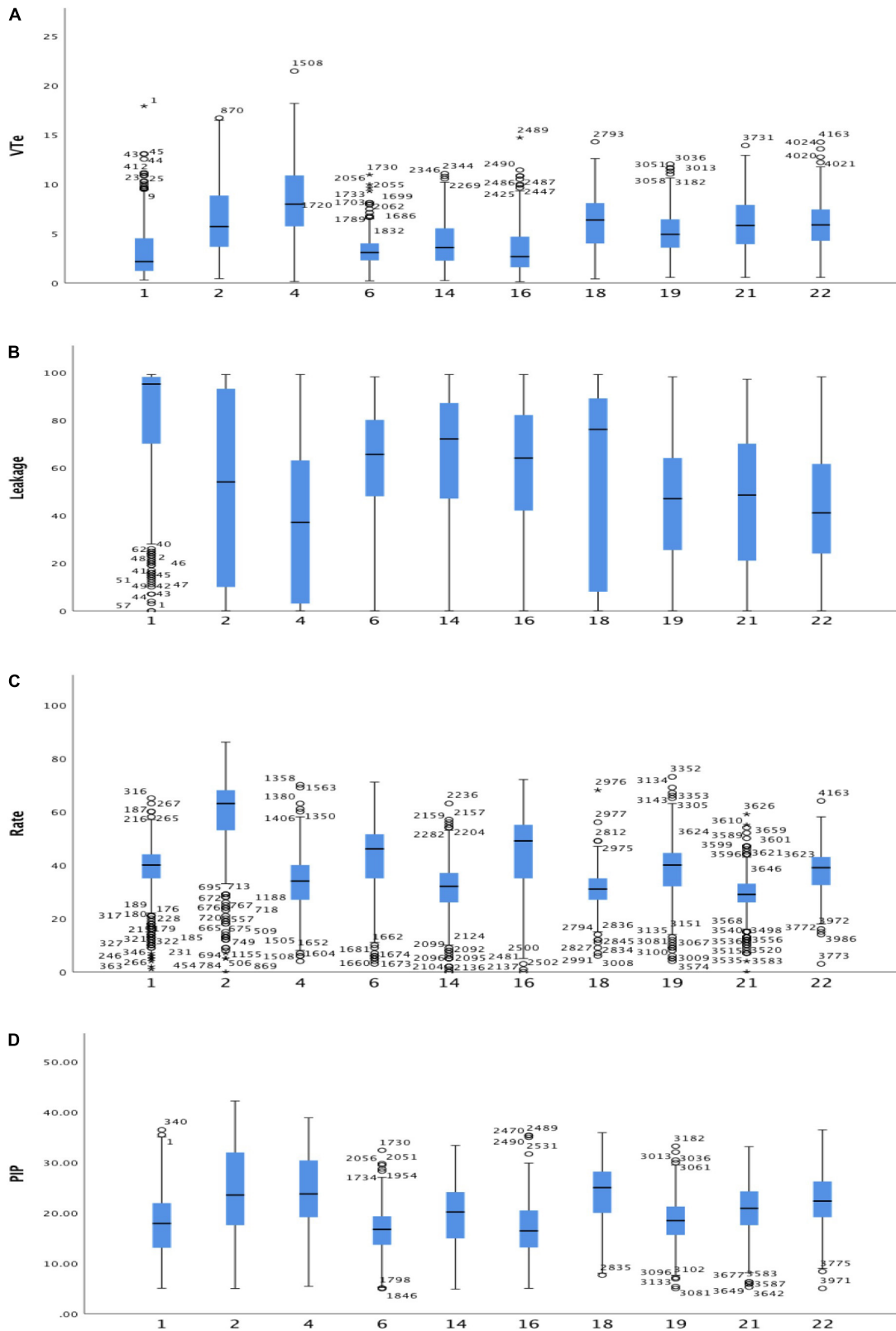
In previous studies, results from real-time feedback have either been masked or made visible to the participants during ventilation (10, 14). In this study, the participants trained their ventilation skills with visible real-time feedback, followed by a simulation without visible feedback. The results showed that, almost uniformly, advanced clinical neonatal nursing students had a higher mask leak and ventilated at a higher rate during simulation compared to skills training. Despite a high mask leakage, median  $VT_e$  was within the recommended range both during skills- and simulation training. However,  $VT_e$  was highly variable with a high rate of both under- and over-inflation. The inflation pressure was quite consistent and within the recommended range in both the skills and simulation training.

Our results are in agreement with Gomo et al. (21) who found that mask leakage itself did not impair tidal volume delivery. We found a median mask leak of 30% with feedback and 70% without feedback, but a  $VT_e$  within the recommended range. Gomo et al. (21) speculated that the leak is not constant but dynamic, which suggests that some variation in leakage and  $VT_e$  can be tolerated. Notably, in our study, the fraction of correct  $VT_e$ 's was very low both in the skills training and simulation.

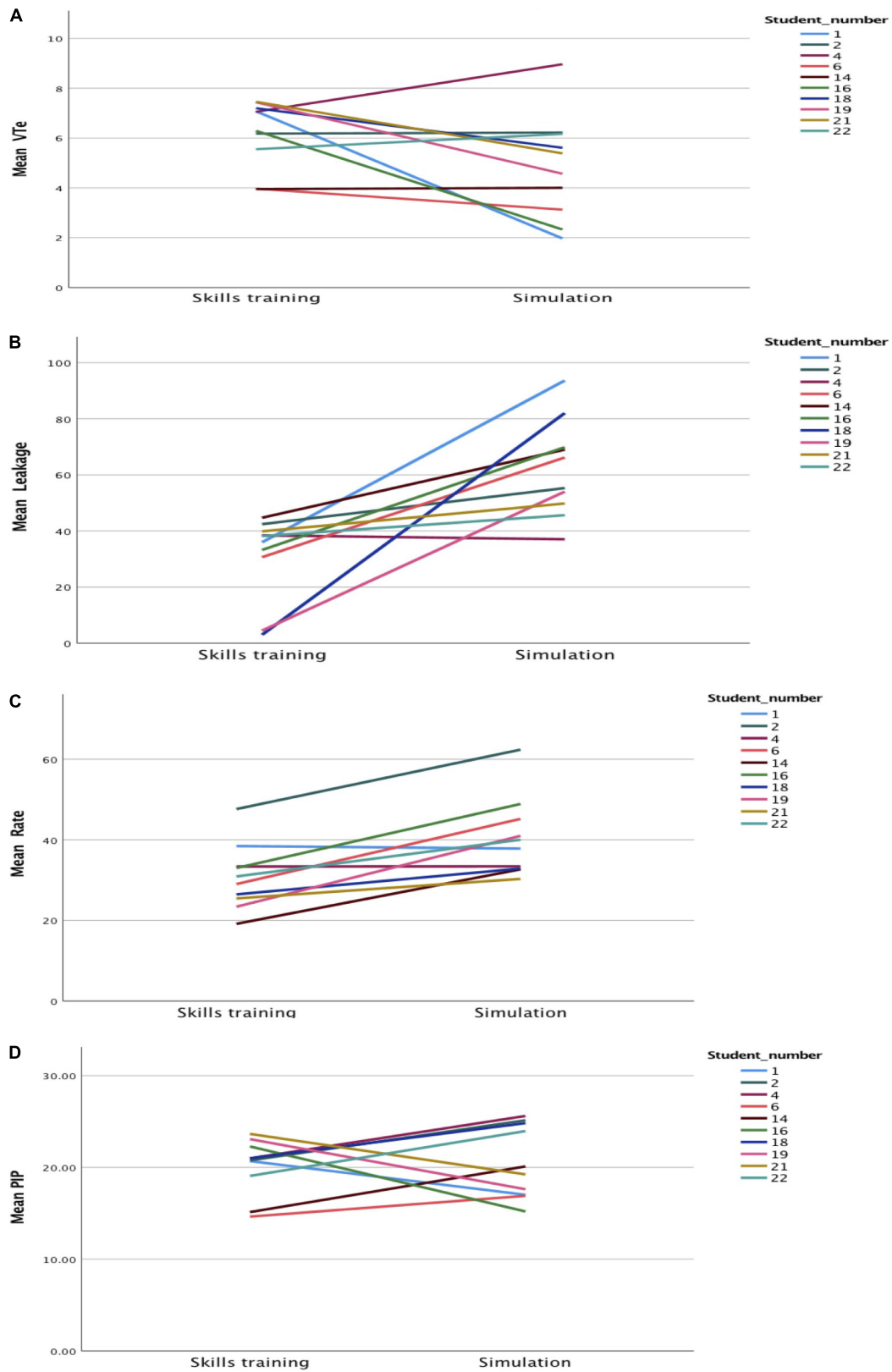
Despite our students' *post-hoc*-reporting of “positive stress,” a higher ventilation rate may reflect a negative stress-response during simulation. Resuscitation situations often cause stress among the involved staff (22), and to relieve the stress in such acute complex situations, theoretical knowledge and practical skills are important (8). Our students participated in lectures to provide them with theoretical knowledge, and practical skills training. Unfortunately, these learning activities did not result in the expected learning outcomes of high-quality ventilation in a simulated scenario.



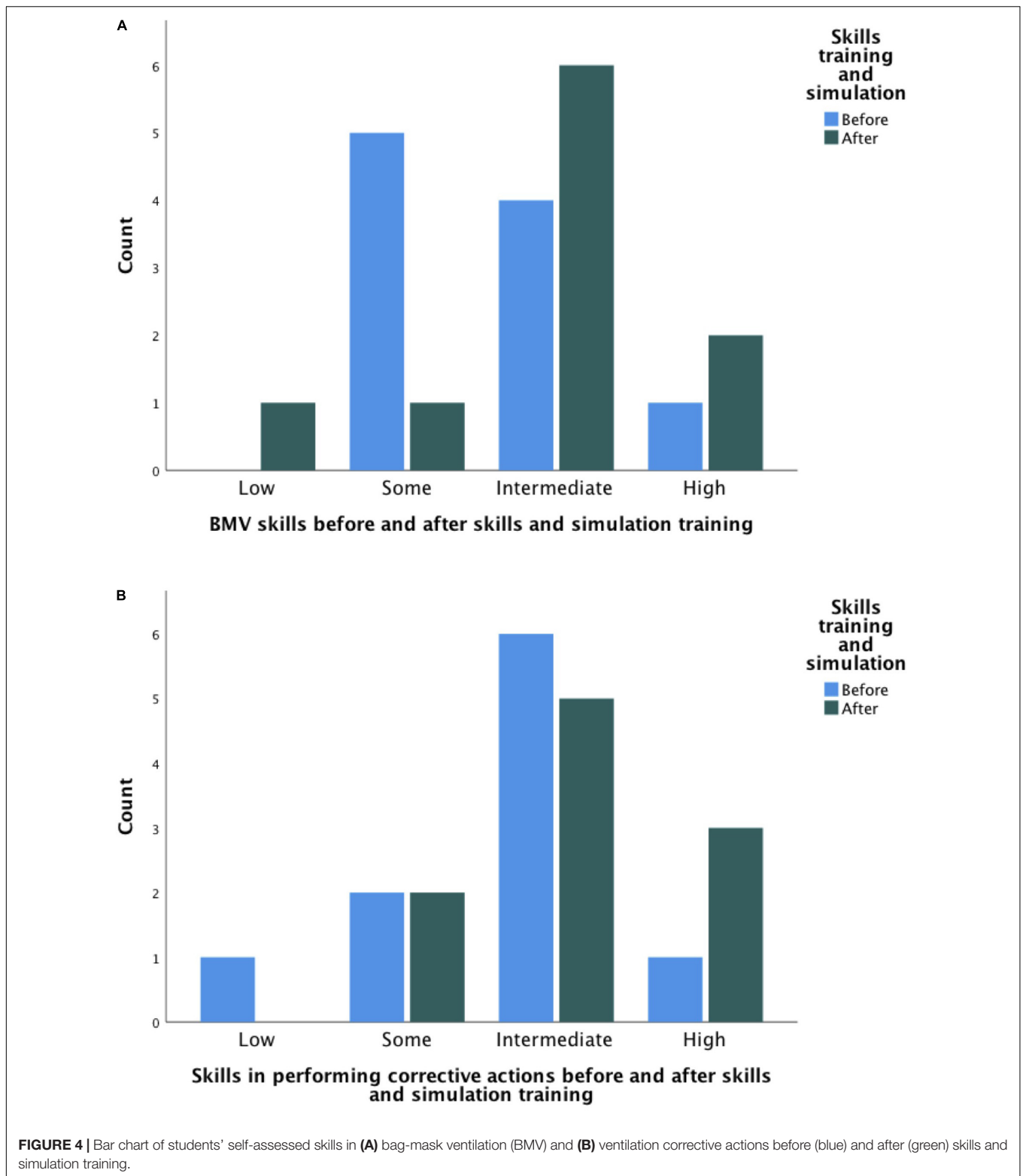
**FIGURE 1 |** Box plots all students combined of **(A)** expiratory tidal volume (VT<sub>e</sub>, ml/kg), **(B)** leakage (%), **(C)** ventilation rate (min<sup>-1</sup>), and **(D)** positive inspiratory pressure (PIP, cmH<sub>2</sub>O) during skills and simulation training. Within each box, the horizontal black line represents the median value; boxes extend from the 25th to the 75th percentile; while the whiskers represent the minimum and maximum values, respectively.



**FIGURE 2 |** Box plots individual students, skills training and simulation combined of (A) expiratory tidal volume (VT<sub>e</sub>, ml/kg), (B) leakage (%), (C) ventilation rate (min<sup>-1</sup>), and (D) positive inspiratory pressure (PIP, cmH<sub>2</sub>O). Within each box, the horizontal black line represents the median value; boxes extend from the 25th to the 75th percentile; while the whiskers represent the minimum and maximum values, respectively.



**FIGURE 3** | Spaghetti plots individual students of **(A)** expiratory tidal volume ( $V_{Te}$ , ml/kg), **(B)** leakage (%), **(C)** ventilation rate ( $\text{min}^{-1}$ ), and **(D)** positive inspiratory pressure (PIP,  $\text{cmH}_2\text{O}$ ) during skills and simulation training.



It is the responsibility of both the individual healthcare professional, educational institutions and the NICU leadership that knowledge of and skills in providing safe and effective ventilation are repeatedly trained and tested. The results from

this study contrast with studies that found that training with real-time feedback improved ventilation performance (10, 14), and in the following we discuss potential causes for this discrepancy.



## The Time Between Skills Training and Simulation

Anderson et al. (23) aimed to find the optimal frequency of resuscitation skills training for learning and retention, and found that the time between training sessions negatively correlated with nurses' cardiopulmonary resuscitation (CPR) performance. They concluded that brief, but frequent training on a manikin improved performance. The monthly frequency of training scored higher on performance than training every third, sixth, and twelfth month (23). Although the study investigated CPR skills on adult, not premature manikins, it is likely that the results are transferable since both adult and neonatal resuscitation skills need to be maintained to be used in similar stressful situations. This is further supported by van Vonderen et al. (24) who demonstrated that 2 min daily ventilation training improved NICU staff's ventilation skills. The study contended that a 2-min training session is manageable for any unit if it is planned and prioritized (24).

## Clinical Experience and Role

Our participants were adult learners and had a median (IQR) year of clinical experience of 7 (4–11) years, but only 8 out of 10 reported to have performed neonatal ventilation in clinical practice. According to Mumma et al. (25), an *expert provider* has more than 8 years of professional experience from working in a critical environment, while a *novice* has no more than 2 years of professional experience. The student who had consistent results for mask leakage and ventilation rate during skills training and simulation had 5 years of clinical experience, no hands-on experience with clinical neonatal ventilation, and scored "to some extent" on self-perceived competence before skills- and simulation training. We may only speculate how this student managed to perform well in the simulation, e.g., by observing manikin chest rise and by utilizing the lessons learned from the skills training. Another explanation may be that this student has a higher appraisal of her stress-coping ability, and accordingly, lower perceived stress than the other students, this will be discussed later.

Except for the student from 3a NICU and one student from a 3c NICU, all students reported having performed neonatal ventilation in clinical practice. In clinical practice, nurses must be properly trained in the early identification of clinical deterioration (26) and must be prepared to initiate stabilizing measures including bag-mask ventilation as physicians are often not immediately available (27). Despite the students' experience from level 3 NICUs, it can still be assumed that this was an unfamiliar role for the students. The *post-hoc* questionnaire confirms our assumptions that the simulated scenario may have caused a different stress response in our nursing students than the pediatric trainees in the study by Lizotte et al. (22).

## Stress and Non-technical Skills

Having an unfamiliar role in the simulated setting may contribute to participant stress. Lizotte et al. (22) found that resuscitation simulations caused both anticipatory and participatory stress in pediatric residents, measured by salivary

cortisol (objective stress) and a questionnaire (subjective stress). Anticipatory stress is described as stress that occurs prior to a simulation. Participatory stress is the stress experienced during the simulation (22). Surprisingly, neither objective, nor subjective stress interfered with the participants' performance (22). If the result of that study is transferable to our participants, stress may not be the main reason for the suboptimal ventilation performance during the simulation.

All 10 students had the same lecture and skills training 8 weeks before the simulation, and all of them were experienced nurses working in relatively high-acuity level 3 NICUs. However, some individual differences will naturally appear in a group. These characteristics can be understood as non-technical skills and may have contributed to the differences in performance. The students in this study confirmed that simulation training is a stressful situation but stated that they became more focused on the tasks and managed to stay calm even though they were stressed. Non-technical skills include cognitive and social skills that complement technical skills (28), which can be attributed at the individual level to human factors (5, 6, 8). By practicing these skills in team situations, performance under stress may be improved (29).

## Do We Need More Real-Time Feedback?

Eye-tracking was used to measure visual attention, and Monivent provided real-time feedback in a recent randomized simulation study (10). Without the feedback, participants used chest rise and watched the position of the facemask to assess the effectiveness of ventilation. Real-time feedback was superior to using clinical assessment (10). In our study, we wanted to find out if prior training with real-time feedback improved simulation performance without feedback. We found that mask leakage,  $VT_e$ , and ventilation rate were variable, perhaps because real-time feedback was not provided in the simulation. However,  $VT_e$  was often outside the recommended range, even with feedback. We speculate that students in the master's degree program may need time to grow accustomed to feedback-devices while learning how to use them properly. For future research, it would be interesting to study whether the results improve with more training with real-time feedback before simulation. It might also be interesting to study whether training both with and without real-time feedback before simulation, improves performance.

## Strengths and Limitations

A strength of this study is that it contributes to filling a knowledge gap in our understanding of neonatal ventilation skills in nurses, as opposed to medical students and physicians. The study was a collaborative effort between the nursing and medical profession, and between higher education and clinical practice. Limitations include a low number of participants. Despite the low number of participants, the study indicates that human factors need more attention in the education of advanced clinical neonatal nurses. All the students had experience with simulation training in clinical practice before the start of the master's degree program, but it is a limitation that this study did not include a baseline simulation, the reason for which has been explained in the methods section. The equipment we used, i.e., the self-inflating

bag and mask, may not have been the best when a T-piece is often the device used in the clinical field. In further studies, the participants should be allowed to choose the resuscitation device they are most familiar with. The manikin was checked for an internal air leak, but it is still possible that this may have occurred undergoing ventilations.

Despite these limitations, we believe that our study provides useful learning points for educational contexts and clinical practice.

## CONCLUSION

For students in the master's degree program in advanced clinical neonatal nursing, skills training with real-time feedback on mask leakage, tidal volume, ventilation rate, and inflation pressure did not result in high-quality bag-mask ventilation in a stressful simulated scenario. The objective measures agreed with the students' own perceptions that their skills had not improved after the skills- and simulation training. In future studies, it would be of interest to try to distinguish individual differences influencing stress management in the performance of bag-mask ventilation in simulated neonatal resuscitation. It would also be interesting to investigate if more frequent training before simulation, and both blinded and visible real-time feedback training would improve the simulation results.

## DATA AVAILABILITY STATEMENT

The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

## REFERENCES

- Sawyer T, Leonard D, Sierocka-Castaneda A, Chan D, Thompson M. Correlations between technical skills and behavioral skills in simulated neonatal resuscitations. *J Perinatol*. (2014) 34:781–6. doi: 10.1038/jp.2014.93
- Halamek LP. Educational perspectives: rigorous human performance assessment in neonatal-perinatal medicine. *NeoReviews*. (2013) 14:e379–86. doi: 10.1542/neo.14-8-e379
- Weinstock P, Halamek LP. Teamwork during resuscitation. *Pediatr Clin North Am*. (2008) 55:1011–24. doi: 10.1016/j.pcl.2008.04.001
- Halamek LP. The simulated delivery-room environment as the future modality for acquiring and maintaining skills in fetal and neonatal resuscitation. *Semin Fetal Neonatal Med*. (2008) 13:448–53. doi: 10.1016/j.siny.2008.04.015
- Fortune PM, Davis M, Hanson J, Phillips B. *Human Factors in the Health Care Setting: A Pocket Guide for Clinical Instructors*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Ltd (2013).
- Doerhoff R, Garrison B. Human factors in the NICU. *J Perinat Neonatal Nurs*. (2015) 29:162–9. doi: 10.1097/JPN.000000000000105
- Flin R, Winter J, Sarac C, Raduma M. *Human Factors in Patient Safety Review of Topics and Tools: Report for Methods and Measures Working: World Health Organization*. Geneva: World Health Organization (2009).
- Yamada NK, Kamlin COF, Halamek LP. Optimal human and system performance during neonatal resuscitation. *Semin Fetal Neonatal Med*. (2018) 23:306–11. doi: 10.1016/j.siny.2018.03.006
- Schmölzer GM, Kamlin OC, O'Donnell CP, Dawson JA, Morley CJ, Davis PG. Assessment of tidal volume and gas leak during mask ventilation of preterm infants in the delivery room. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. (2010) 95:F393–7. doi: 10.1136/adc.2009.174003
- Wagner M, Gröpel P, Eibensteiner F, Kessler L, Bibl K, Gross IT, et al. Visual attention during pediatric resuscitation with feedback devices: a randomized simulation study. *Pediatr Res*. (2021):1–7. doi: 10.1038/s41390-021-01653-w [Epub ahead of print].
- Schmölzer GM, Te Pas AB, Davis PG, Morley CJ. Reducing lung injury during neonatal resuscitation of preterm infants. *J Pediatr*. (2008) 153:741–5. doi: 10.1016/j.jpeds.2008.08.016
- Madar J, Roehr CC, Ainsworth S, Ersdal H, Morley C, Rüdiger M, et al. European resuscitation council guidelines : newborn resuscitation and support of transition of infants at birth. *Resuscitation*. (2021) 161:291–326. doi: 10.1007/s10049-021-00894-w
- O'Curraín E, Thio M, Dawson JA, Donath SM, Davis PG. Respiratory monitors to teach newborn facemask ventilation: a randomised trial. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. (2019) 104:F582–6. doi: 10.1136/archdischild-2018-316118
- Schmölzer GM, Morley CJ, Wong C, Dawson JA, Kamlin COF, Donath SM, et al. Respiratory function monitor guidance of mask ventilation in the delivery room: a feasibility study. *J Pediatr*. (2012) 160:377–381. doi: 10.1016/j.jpeds.2011.09.017
- Binder C, Schmölzer GM, O'Reilly M, Schwabegger B, Urlesberger B, Pichler G. Human or monitor feedback to improve mask ventilation during simulated neonatal cardiopulmonary resuscitation. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. (2014) 99:F120–3. doi: 10.1136/archdischild-2013-304311
- Helsedirektoratet. *Nasjonal Faglig Retningslinje: Nyfødte intensivvædelinger – Kompetanse Og Kvalitet*. Oslo: Helsedirektoratet (2017).

## ETHICS STATEMENT

The studies involving human participants were reviewed and approved by the Norwegian Center for Research Data (NSD)–reference number 890517. The patients/participants provided their written informed consent to participate in this study.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

IR performed the data collection. IR and AS conceptualized the study and analyzed and interpreted the data. IR and A-KJ drafted the initial version of the manuscript. HA and AR contributed to the conceptualizing, data analysis, and interpretation. All authors participated in critical revision of the manuscript for important intellectual content, approved the final manuscript as submitted, and agreed to be accountable for all aspects of the work.

## FUNDING

This work was supported by Lovisenberg Diaconal University College. The funding was used for simulation instructor training, planning of the study, and dissemination of the results (conference attendance and publication fees).

## ACKNOWLEDGMENTS

We thank the students for participating in the study. We also acknowledge Hilde Jacobsen RN, MScN for facilitating the skills training and Susan Henriette Kaaber RN, MScN for facilitating the simulation training.

17. Monivent® Products. *Monivent Neo Training*. Gothenburg: Monivent® Products (2021).
18. INACSL Standards Committee. INACSL standards of best practice: simulation SM simulation design. *Clin Simul Nurs*. (2016) 12:S5–12. doi: 10.1016/j.ecns.2016.09.005
19. Anders Ericsson K. Deliberate practice and acquisition of expert performance: a general overview. *Acad Emerg Med*. (2008) 15:988–94. doi: 10.1111/j.1553-2712.2008.00227.x
20. Laerdal Medical. *Resuscitation Training*. Stavanger: Laerdal Medical (2022).
21. Gomo ØH, Eilevstjønn J, Holte K, Yeconia A, Kidanto H, Ersdal HL. Delivery of positive end-expiratory pressure using self-inflating bags during newborn resuscitation is possible despite mask leak. *Neonatology*. (2020) 117:341–8. doi: 10.1159/000507829
22. Lizotte MH, Janvier A, Latraverse V, Lachance C, Walker CD, Barrington KJ, et al. The impact of neonatal simulations on trainees' stress and performance: a parallel-group randomized trial. *Pediatr Crit Care Med*. (2017) 18:434–41. doi: 10.1097/PCC.0000000000001119
23. Anderson R, Sebaldt A, Lin Y, Cheng A. Optimal training frequency for acquisition and retention of high-quality CPR skills: a randomized trial. *Resuscitation*. (2019) 135:153–61. doi: 10.1016/j.resuscitation.2018.10.033
24. van Vonderen JJ, Witlox RS, Kraaij S, te Pas AB. Two-minute training for improving neonatal bag and mask ventilation. *PLoS One*. (2014) 9:e109049. doi: 10.1371/journal.pone.0109049
25. Mumma JM, Durso FT, Dyes M, dela Cruz R, Fox VP, Hoey M. Bag valve mask ventilation as a perceptual-cognitive skill. *Hum Factors*. (2018) 60:212–21. doi: 10.1177/0018720817744729
26. Biban P, Soffiati M, Santuz P. Neonatal resuscitation in the ward: the role of nurses. *Early Hum Dev*. (2009) 85:S11–3. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2009.08.004
27. Neal D, Stewart D, Grant CC. Nurse-led newborn resuscitation in an Urban neonatal unit. *Acta Paediatr*. (2008) 97:1620–4. doi: 10.1111/j.1651-2227.2008.01000.x
28. Pires S, Monteiro S, Pereira A, Chaló D, Melo E, Rodrigues A. Non-technical skills assessment for prelicensure nursing students: an integrative review. *Nurse Educ Today*. (2017) 58:19–24. doi: 10.1016/j.nedt.2017.07.015
29. Krage R, Zwaan L, Len LTS, Kolenbrander MW, Van Groeningen D, Loer SA, et al. Relationship between non-technical skills and technical performance during cardiopulmonary resuscitation: does stress have an influence? *Emerg Med J*. (2017) 34:728–33. doi: 10.1136/emermed-2016-205754

**Conflict of Interest:** The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

**Publisher's Note:** All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Copyright © 2022 Rød, Jørstad, Aagaard, Rønnestad and Solevåg. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

# Bag-maske-ventilering av nyfødt-dukker med tilbakemelding i sanntid

Article:

“Advanced Clinical Neonatal Nursing Students’ Transfer of Performance: From Skills Training with Real-Time Feedback on Ventilation to a Simulated Neonatal Resuscitation Scenario”.

Anna-Kristi Jørstad Bülow

MED5095 – Prosjektoppgave

20 Studiepoeng

Universitetet i Oslo  
Det medisinske fakultet



# Innholdsfortegnelse

Norsk sammendrag	3
English Abstract	4
Innledning	5
Bakgrunn	6
Farer ved inadekvat og/eller ineffektiv ventilering	6
Håndtering av stress og 'human factors'	8
Ulike grupper helsepersonell og forskning på effektiv respirasjonsstøtte	8
Forskningsspørsmål	8
Materiale	9
Metode og etikk	9
Diskusjon	11
Lite forskjell mellom resultatene med tilbakemelding i sanntid og simulering	11
Mangel på «baseline»	12
Tidsintervall og mengdetrening	12
Valg av metode	13
Generaliserbarhet	13
Styrker og begrensninger	14
Konklusjon	14
Referanser	15 , 16

# Norsk sammendrag

**Mål:** Å undersøke om masterstudenter i avansert klinisk nyfødtsykepleie forbedrer bag-maske ventilasjonsferdigheter, dersom de trener med visuell tilbakemelding i sanntid.

**Metode:** Eksperimentelt studie med en ferdighetstrening i august 2021 og en fullskala simulering i oktober 2021. Under ferdighetstreningen fikk ti deltagere visuell tilbakemelding på bag-maske ventileringen i sanntid (Monivent Neo Training, Monivent, Sverige), mens de under simuleringen var avhengig av egne ferdigheter uten tilbakemelding. Dataene fra ferdighetstreningen og simuleringen ble analysert og sammenlignet med hensyn til maskelekkasje (%), ekspiratorisk tidalvolum ( $VT_e$ , i ml/kg), ventilasjonshastighet ( $\text{min}^{-1}$ ) og inflasjonstrykk ( $\text{cmH}_2\text{O}$ ) ved bag-maske ventilering av en nyfødt-dukke.

**Resultater:** Maskelekkasje og ventilasjonshastighet var høyere, mens  $VT_e$  var lavere og svært varierende i simuleringen sammenlignet med ferdighetstreningen. Det var ikke signifikant forskjell mellom inflasjonstrykket ved de to tidspunktene. 21% prosent av ventilasjonene hadde  $VT_e$  innenfor akseptabelt område under simuleringen, sammenlignet med 30% under den forutgående ferdighetstreningen.

**Konklusjon:** Ferdighetstrening med tilbakemelding i sanntid resulterte ikke i forbedrede ferdigheter hva gjelder maskelekkasje, ventilasjonsfrekvens, tidalvolum eller inflasjonstrykk i en påfølgende simulering. Andelen  $VT_e$  innenfor akseptabelt område var lavere enn forventet både med tilbakemelding i sanntid (31%) og uten tilbakemelding i sanntid (21%). For lite trening med og uten tilbakemelding i sanntid, for langt opphold mellom trening og simulering og individuelle forskjeller ('human factors') mellom deltagerne kan ha bidratt til at ventilasjonsferdighetene ikke ble bedre ved testing to måneder etter ferdighetstreningen. Spørsmålet om mer trening, inkludert mer hyppig trening både med og uten tilbakemelding i sanntid fører til økt yteevne i en simuleringssituasjon bør utforskes i fremtidige studier.

## English Abstract

**Aim:** To investigate whether practicing bag-mask ventilation with real time visual feedback during skills-training, improved advanced clinical neonatal nursing-students' bag-mask-ventilation performance during simulation without visual feedback.

**Methods:** Experimental study using a neonatal manikin in one session of skills-training practicing bag-mask ventilation (August 2021) and one full-scale simulation (October 2021). In the skills-training session the ten students practiced bag-mask ventilation with real time visual feedback (Monivent Neo Training, Monivent, Sweden). In the second session the students participated in a simulation training without visual feedback. In both episodes ventilation parameters were recorded and compared with regards to mask leakage (%), expiratory tidal volume ( $VT_e$ , in ml/kg), ventilation rate ( $\text{min}^{-1}$ ), and inflation pressure ( $\text{cmH}_2\text{O}$ ).

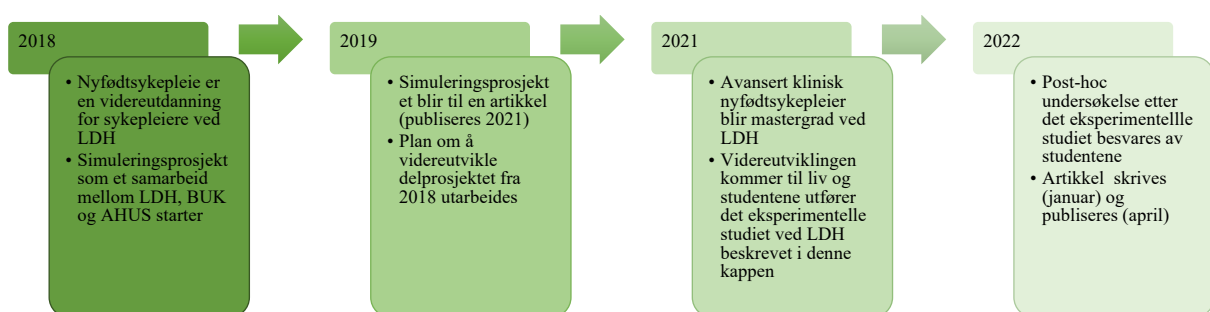
**Results:** The students did not improve their bag-mask ventilation performance from the skills-training with visual feedback to the full-scale simulation. Mask leakage and ventilation rate was higher, and  $VT_e$  was lower and highly variable in the simulation training. There was no significant difference between the inflation pressure used in the two sessions. In the simulation,  $VT_e$  was within the acceptable range in 21% of inflations, compared with 30% in the skills-training session.

**Conclusion:** Skills training with real-time feedback did not result in improved mask leak, ventilation rate, tidal volume or inflation pressure in a subsequent simulation training.  $VT_e$  delivery was poor both with feedback (31% correct) and without feedback (21% correct). Too little training with and without real-time feedback, not frequent enough training, too much time between training and simulation, and individual differences ('human factors') might be contributing factors when the ventilation skills did not improve between training and simulation. The effect of more frequent training with and without real-time feedback, and less time between training and simulation, would be interesting to research in future studies.

# Innledning

Våren 2021 møtte en medstudent og jeg, vår eksterne hovedveileder og medforfatter Anne Lee Solevåg (overlege ved nyfødttintensiv avdeling, OUS Rikshospitalet), min interne medveileder Arild Rønnestad (avdelingsleder og overlege ved nyfødttintensiv avdeling OUS Rikshospitalet) og mine øvrige medforfattere Irene Rød (førstelektor ved Lovisenberg diakonale høgskole) og Hanne Aagaard (professor ved Lovisenberg diakonale høgskole).

Høsten 2021 ble jeg alene om å utføre og skrive prosjektoppgave, og i stedet for å utføre en egen eksperimentell studie som planlagt, bestemte Anne Lee Solevåg og jeg, at et mer passende prosjekt ville være som medforfatter i en artikkel som skulle skrives og publiseres etter et nært relatert eksperiment utført på Lovisenberg diakonale høgskole august-oktober 2021. Eksperimentet var basert på to nært sammenknyttede prosjekter utført ved Lovisenberg diakonale høgskole høsten 2018 og januar 2019, hvor de ved bruk av simuleringstrening og intervjuer, undersøkte nyfødtsykepleierstudentenes evner til å overføre ferdigheter fra simulering til klinisk praksis. Eksperimentet høsten 2021 er en videreføring av disse prosjektene, hvor et nytt hjelpemiddel (Monivent Neo Training, Monivent, Sweden) ble innført for å undersøke om trening med tilbakemelding i sanntid ville forbedre kvaliteten på bag-maske ventilering. Monivent Neo Training, har en sensor som plasseres mellom masken og ventilasjonsbagen og kobles til et nettbrett med visuell tilbakemelding på viktige parametere under ventilerings trening(1).



Figur 1 Skjematisk fremstilling av relaterte prosjekter ved Lovisenberg Diakonale Høgskole (LDH) som ledet frem til prosjektet denne oppgaven omhandler. BUK = Barne- og ungdomsklinikken, AHUS = Akershus Universitetssykehus

I etterkant av eksperimentet høsten 2021, ble dataene analysert av Irene Rød og Anne Lee Solevåg. Undertegnede medvirket i fortolkningen av resultatene, og bidro med utforming



og skriving av artikkelen. Ved å gjennomgå artikler tilsendt fra Solevåg og egne funn fra Oria, Medline og Pubmed, fikk jeg innsikt i feltet, og fant kilder som ble brukt i artikkelen. Mine bidrag ble særlig gjeldene i diskusjonsdelen, da resultatene fra det eksperimentelle forsøket allerede var analysert. Ved å diskutere hvordan resultatene skulle tolkes, bidro jeg blant annet med ideen om hvordan de individuelle forskjellene blant studentene som deltok i eksperimentet kan ha hatt betydning for resultatet ('human factors'). I tillegg belyste jeg hvordan lite repetisjon av ferdighetstrening kan ha bidratt til at resultatet ble annerledes enn forventet. I samarbeid med Anne Lee Solevåg, oppdaget jeg at vi i vår studie har et særskilt utvalg som er underrepresentert i eksperimentelle studier innenfor dette forskningsfeltet.

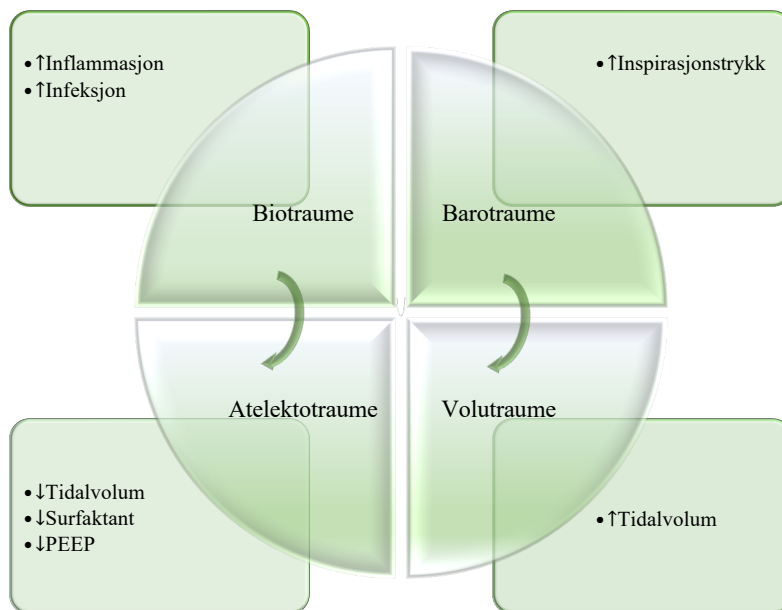
## Bakgrunn

Av alle nyfødte trenger rundt 5 % en form for respiratorisk støtte (2). Når man gir respirasjonsstøtte til nyfødte benyttes overtrykksventilasjon (PPV), ofte i form av bag-maske-ventilering. Målet er å etablere funksjonell restkapasitet (FRC) i barnets lunger ved å gi effektive innblåsing (volum) (3). For å vurdere om man utfører ventileringen riktig og effektivt observerer helsepersonell kliniske tegn (f.eks. heving av brystkassen) samt vitalparametre der hjerterefrekvens er den viktigste. Likevel viser tidligere studier at selv erfarent helsepersonell ikke utfører effektiv bag-maske ventilering, med blant annet varierende maskelekkasje (4) og varierende innblåsing av volum til lungene (5).

### Farer ved inadekvat og/eller ineffektiv ventilering

Den initiale respirasjonsstøtten som gis til nyfødte, særskilt dersom barna er premature, kan høyst trolig gi organskader på sikt dersom den ikke utføres riktig. Dyrestudier har vist at ved bruk av for høyt tidalvolum ( $V_t$ ) og for høyt inspirasjonsstrykk (PIP) kan lungene overstrekkes og bli påført skade (henholdsvis volutraume og barotraume). For å unngå volutraume må mengden innblåst luft ved PPV tilpasses barnets gestasjonsalder, men den generelle retningslinjen for å unngå volutraume er og bruke ventilasjonsvolumer på 4-6 mL/kg (6). I tillegg til volutraume og barotraume kan såkalt atelektotraume og biotraume oppstå. Atelektotraume innebærer skade på lungenes alveoler ved gjentatte utvidelser og sammenklappinger av alveoler som på sikt gir tap av funksjonelt lungevolum. Hos for tidlig fødte barn med umoden surfaktantproduksjon er risikoen for atelektasedannelse i lungene spesielt stor (7). Bruk av positivt ende-ekspiratorisk trykk ved PPV og tilførsel av surfaktant

kan hindre at små luftveier klapper sammen og motvirker dermed atelektase (7). Biotraume forårsakes av f.eks. betennelse og infeksjon og kan igjen bidra til atelektaser (8).



Figur 2 En grafisk illustrasjon som viser de individuelle risikofaktorene hos de fire ulike elementene som kan forekomme ved ineffektiv/inadekvat ventilering hos nyfødte. Figuren viser i tillegg sammenhengen mellom biotraume og atelektotraume, samt barotraume og volutraume.

### Effektiv og skånsom ventilasjon tilpasset barnets gestasjonsalder ved fødsel

Til forskjell fra voksne mennesker med behov for respirasjonsstøtte er det store individuelle forskjeller i modenhet av lungene hos premature og nyfødte barn født til termin. Dette gjør at ventileringen må tilpasses barnets modenhet og størrelse for å redusere risikoen for skader som nevnt i avsnittet over (7). Maskelekkasje er et vanlig problem ved ventilering og resulterer i at varierende trykk og volum blir levert til lungene, noe som igjen øker sjansen for enten utilstrekkelig (ineffektiv) ventilasjon eller overventilasjon (6). Siden tidligere studier har vist at helsearbeideres evne til å levere riktig  $V_t$  og PIP ikke bedres med klinisk erfaring (9) men at maskelekkasje reduseres når helsearbeidere får tilbakemelding i sanntid (10), er det god grunn til å undersøke om ventilasjonstrening med tilbakemelding i sanntid kan bedre helsearbeideres evne til å levere riktig  $V_t$  og PIP.

## **Håndtering av stress og ‘human factors’**

Helsearbeideres individuelle evne til stresshåndtering kan være med på å forklare de «menneskelige feil» som begås av helsepersonell i akuttsituasjoner. Faktorer som bidrar til å øke stressnivået hos helsearbeidere inkluderer høy lyd, utmattelse forårsaket av skiftarbeid, og stress knyttet til håndtering av kritisk syke pasienter (11). Alle disse elementene er en del av nyfødt-intensivavdelingens daglige utfordringer. Selv om det ikke er mulig å unngå stress i en arbeidssituasjon som innebærer akuttsituasjoner, er det et mål å forbedre utgangspunktet ved å eliminere stress knyttet til arbeidsoppgavene som skal utføres. Ved å trene på typiske situasjoner vil helsearbeidere kunne utvikle høyere kompetanse til korrekt håndtering av verktøy, samt forbedre egne stresshåndteringsevner i situasjoner som ellers kan virke overveldende. Det er påvist at trening ved simulering bedrer evnen til å håndtere stress i reelle akuttsituasjoner (12, 13). Helsearbeidere har tross lik utdanning ulike utgangspunkt for å håndtere like arbeidssituasjoner. En måte å forklare de ulike utgangspunktene på er ved hjelp av begrepet «human factors». Dette begrepet er svært omfattende og inkluderer både hvordan individer håndterer kognitive oppgaver, samspill med kolleger, miljøet omkring dem og verktøyene de benytter til å utføre arbeidet sitt. Man kan benytte «Human factors» teorier til å forklare både grupper og individers adferd (14).

## **Ulike grupper helsepersonell og forskning på effektiv respirasjonsstøtte**

På en nyfødtintensivavdeling utgjør sykepleiere hovedgruppen av helsepersonell. Barneleger er til stede på sykehuset, men sykepleiere kan ofte være de første på stedet dersom et nyfødt barn trenger respirasjonsstøtte i form av bag-maske ventilering. I tidligere forskning utført for å forbedre helsearbeideres evne til å utføre korrekt og effektiv PPV til nyfødte barn har utvalget ofte vært medisinstudenter og leger, med få innskudd av sykepleiere i utvalgene (15). Eksperimentet vårt er derfor sammenlignet med tidligere studier på området utført med et annet utvalg, nemlig nyfødtsykepleiere i masterutdanning. Dette sees på som et unikt bidrag til forskningsfeltet da det er gjort lite forskning på denne gruppen (15).

## **Forskningsspørsmål**

Vil masterstudenter i avansert klinisk nyfødtsykepleies trening på bag-maske ventilering med tilbakemelding i sanntid resultere i forbedring av bag maske-ventilering i en påfølgende simulert setting uten tilbakemelding i sanntid?

## Materiale

Ti studenter benyttet en termin nyfødtdukke (Baby Anne, Laerdal Medical, Stavanger) og en prematur dukke (premature Anne, Laerdal Medical, Stavanger) under ferdighetstrening. Ventileringen ble utført med maske og en ventilasjonsbag for nyfødte (begge Laerdal Medical). En trådløs flowsensor (Neo training, Monivent AB, Göteborg, Sverige) ble plassert mellom masken og bagen. Et nettbrett (iPad, Apple inc, Cupertino, CA, USA) viste resultatene flow-sensoren registrerte, dvs. maskelekkasje (%), ekspiratorisk tidalvolum ( $VT_e$ , i ml/kg), ventilasjonsfrekvens ( $\text{min}^{-1}$ ) og inflasjonstrykk ( $\text{cmH}_2\text{O}$ ).

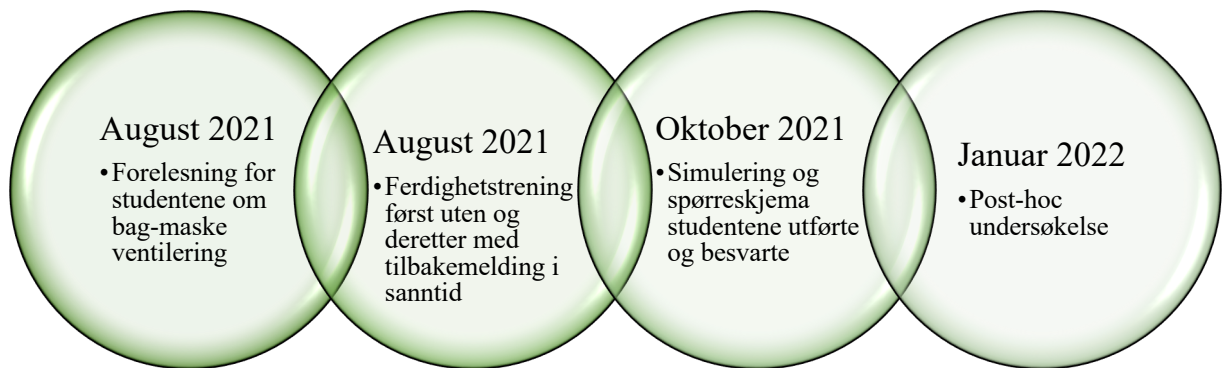
## Metode og etikk

Artikkelen baserer seg på en eksperimentell studie utført på Lovisenberg diakonale høgskole (LDH). Utvalget i studien var studenter ved masterprogrammet for avansert klinisk nyfødt sykepleie. Alle studentene ved dette masterstudiet fikk muntlig informasjon og en skriftlig invitasjon til å delta i studien. De som deltok, ga skriftlig samtykke. Alle studentene har fullført bachelorgrad i sykepleie, samt jobbet to år som sykepleiere inkludert minst et år med relevant jobberfaring for masterprogrammet. Studentene i studien hadde erfaring fra nyfødtavdelinger i kategoriene 3a (omsorg for syke barn født til termin, og premature med gestasjonsalder  $\geq 28+1$  uker), 3b (omsorg for syke barn født til termin og premature med gestasjonsalder  $\geq 26+0$  uker) og 3c (syke barn født til termin og premature med gestasjonsalder  $\geq 23+0$  uker) (16) – det vil si avdelinger med et høyere intensivnivå enn kategori 2 som behandler syke barn født til termin og premature med gestasjonsalder  $\geq 32+0$  uker.

Prosjektet var godkjent av fakultetsleder på LDH og Norsk senter for forskningsdata (NSD). I forkant av ferdighetstreningen ble det holdt forelesninger med hovedfokus på retningslinjene for bag-maske ventilering. Det ble også undervist i teori omkring ventilering og praktiske ferdigheter som plassering av masken, definisjon på effektiv ventilering (tidalvolum 4-6 ml/kg, frekvens  $30 \text{ min}^{-1}$ ), og hvordan man korrigerer maskelekkasje og repositionerer barnet dersom ventileringen ikke er effektiv.

Ferdighetstreningen ble gjennomført på to stasjoner på samme dag i august 2021. På 1. stasjon, trente studentene på en termin babydukke. Studentene ble delt i grupper på tre og rullerte innad mellom å utføre bag-maske ventilasjon, og å utføre hjertekompresjoner med veiledning av en erfaren fasilitator. Etter å ha fullført den første stasjonen, gikk studentene

videre til stasjon to, hvor de trente en og en. Her trente studentene på en prematur dukke og ventilerte i tre minutter. Også her fikk studentene veiledning fra en erfaren fasilitator, i tillegg til tilbakemeldingen i sanntid via Monivent Neo Training.



Figur 3 Skjematisk tidslinje som viser hendelsene i det kliniske studiet kappen og artikkelen omhandler

Simuleringen foregikk i oktober 2021 og ble gjennomført i samsvar med anbefalinger fra INACSL (17) med en forhåndsorientering (briefing) i forkant av simuleringen, selve simuleringen og til slutt en oppsummering og evaluering av simuleringen (debriefing) (18). Hver simulering varte til sammen ca. 75 minutter, fordelt på orientering (10 min), simulering (20-25 min), og oppsummering og evaluering (30-40 min). Det var 27 studenter som deltok i simuleringen. Simuleringsteamene bestod av tre sykepleiere, hvor en hadde hovedansvar for luftveiene inkludert ventilering og de andre assisterte med medisiner og utstyr, samt en lege. Det var kun data fra den ene studenten som ventilerte som ble registrert. Simuleringen ble utført to ganger per gruppe. For hver av simuleringene byttet studentene roller innad i gruppen, slik at to ulike og tilfeldige utvalgte studenter per gruppe leverte ventilasjonsdata til studien. Den premature dukken ble benyttet under simuleringen, og data ble samlet inn ved hjelp av Monivent Neo Training-systemet. Studentene fikk ikke se tilbakemelding i sanntid på nettbrettet. Flowsensoren registrerte maskelekkasje (%), ekspiratorisk tidalvolum ( $VT_e$ , i ml/kg), ventilasjonsfrekvens ( $\text{min}^{-1}$ ) og ventilasjonstrykk ( $\text{cmH}_2\text{O}$ ) i sanntid. Nettbrettet lagret dataene som senere ble analysert. Både Monivent Neo-systemet og den premature dukken ble testet og kontrollert for eventuelle feil før simuleringen. Målet med ventileringen var levering av  $VT_e$  på 4-6 ml/kg på en prematur dukke på 750 g.

I etterkant av simuleringen ble studentene bedt om å besvare to spørreskjemaer (Figur 3). Det første var et strukturert skjema hvor de besvarte spørsmål om egen kompetanse, samt hvilken kategori nyfødtavdeling de jobbet på, lengde på klinisk erfaring, og erfaring hva gjelder bag-maske ventilasjon i praksis. Det andre skjemaet ble sendt ut mens artikkelen ble skrevet (januar 2022), siden tidsskriftet etterspurte informasjon omkring studentenes foretrukne ventilasjonsmetode (bag-maske eller T-piece), erfaring med ansvar for luftveishåndtering på jobb, og opplevd stress under simuleringen.

## Diskusjon

Studieresultatet viser at ferdighetstrening med tilbakemelding i sanntid, ikke bedret utførelsen av bag-maske ventilering under en påfølgende simulering. Av ti deltagere var det én deltager som utførte ventilasjonen omtrent likt med hensyn til maskelekkasje under ferdighetstrening og simulering, mens de resterende ni deltagerne hadde høyere maskelekkasje, høyere ventilasjonsfrekvens og lavere  $VT_e$  under simuleringen enn under ferdighetstreningen. Årsaker til at studentene ikke fikk økte ventilasjonsferdigheter etter trening med sanntidstilbakemelding, kan være flere. Noen mulige årsaker vil diskuteres i det påfølgende.

### **Lite forskjell mellom resultatene med tilbakemelding i sanntid og simulering**

Av resultatene kommer det frem at 52% av ventilasjonene under ferdighetstreningen hadde høyere  $VTe$  enn anbefalt, og 18% lavere enn anbefalt. Under trening med tilbakemelding i sanntid var altså kun 30% av ventilasjonene utført korrekt. Til sammenligning var 21% av ventilasjonene korrekt utført ved simuleringen. Dersom vi ser på resultatene fra trening og simulering er andelen korrekt utførte ventilasjoner 30% versus 21%. Selv om tilbakemeldingene fra Monivent gav et bedre resultat enn ved ventilering uten tilbakemelding, var det forventet at verktøyet ville medføre en høyere andel korrekte ventilasjoner. Hva som er årsaken til at tilbakemelding i sanntid *ikke* bidrar til en høyere andel korrekte ventilasjoner er vanskelig å si. Eventuelle forklaringer kan være manglende mengdetrening på korreksjon av egen bag-maske-ventilering, stress eller andre innvirkende faktorer som medførte at resultatet ikke ble bedre. I etterkant av forsøket ble det sendt ut en post-hoc-undersøkelse for å få svar på om studentene foretrakk bag-maske ventilering fremfor T-piece, om deltagerne var vant til å ha ansvaret for å gi respirasjonsstøtte, og for å finne ut av om de selv opplevde at stresset påvirket dem under simuleringen. Her kom det frem at tre av

deltagerne hadde erfaring med å ha ansvar for å gi respirasjonsstøtte, mens fem ikke var vant til dette (kun åtte av ti svarte på undersøkelsen). Seks av studentene opplevde stresset som positivt, mens resterende opplevde det mindre positivt.

### **Representativt utvalg**

Alle deltagerne i studien hadde arbeidserfaring fra nyfødtintensivavdelinger med et høyere intensivnivå. Utvalget hadde ikke deltagere fra kategori 2 nyfødtintensivavdelinger, som er avdelinger med et lavere intensivnivå. For å få et representativt utvalg av sykepleiere skulle utvalget gjerne inkludert noen deltagere fra kategori 2 nyfødtintensivavdelinger, men det er mindre trolig at studenter fra lavintensivavdelinger ville ha endret resultatene til det bedre.

### **Mangel på «baseline»**

I august 2021 ble det gjennomført en forelesning og to praktiske øvelser på samme dag, mens det i oktober 2021 ble utført en simulering. Både under treningen og ved simuleringen ble den premature dukken ventilert samtidig som Monivent Neo Training registrerte resultatene, men ved simuleringen var studentene blindet for registreringen. Ideelt sett skulle det vært en simulering i forkant av ferdighetstreningen som en sammenligningstest eller «baseline», som var identisk med simuleringen utført i oktober 2021. Siden studien ble gjennomført innenfor rammene til studieprogrammet master i avansert klinisk nyfødsykepleie, var det dessverre ikke rom for dette i studentenes timeplan.

### **Tidsintervall og mengdetrening**

Ferdighetstreningen og simuleringen ble utført med en relativt lang tidsperiode mellom. Treningen ble utført i august 2021, og simuleringen i oktober 2021. Med tanke på et opphold på nesten to måneder, kunne det vært interessant å undersøke om enten flere treninger eller et kortere tidsintervall ville ha endret resultatene. Det ville også vært interessant å undersøke om vekselvis trening over tid både med og uten tilbakemelding i sanntid bedret sykepleiernes ferdigheter. Bag-maske ventilering er en ferdighet som regnes som ferskvare og det er tidligere vist at hyppig trening gir best vedlikehold av ferdigheter i nyfødtresuscitering (19). For å få flest mulig korrekte utførte ventileringer i en simulering, ville det trolig også være viktig å trene på tilsvarende scenarioer som testes under simuleringen. Trolig ville hyppigere simuleringer – som treningsform – vært en god treningsmulighet for studentene. På en annen side består utvalget av sykepleiere som i utgangspunktet allerede er

trent i ferdigheten respirasjonsstøtte siden de alle jobber på nyfødtintensivavdelinger med et høyt intensivnivå.

## **Valg av metode**

Valg av metode ble her bestemt dels med utgangspunkt i forskningsspørsmålet og dels med utgangspunkt i hva som var praktisk mulig å gjennomføre. Valget falt på eksperimentelt design da forskningsspørsmålet omhandlet å teste om et verktøy forbedret en ferdighet hos et spesifikt utvalg. Det finnes lite litteratur på dette fra før og det var dermed ikke aktuelt å benytte litteraturstudie som studiedesign. Et annet alternativ til eksperimentelt studiedesign ville vært randomisert kontrollert studie. Tradisjonelt benyttes dette designet dersom man tester et medikament, behandling eller lignende, men kunne også ha blitt brukt til å teste ferdighet etter trening som ble randomisert til å utføres med eller uten sanntids tilbakemelding.

Studien ble gjennomført som del av ordinær læreplan og i LDHs lokaler, som påvirket rammene for hvordan studien kunne gjennomføres. Det er begrenset både hvor mye tid man kan oppta studentene med, før man eventuelt risikerer frafall fra utvalget, og det er begrenset hvor mange rom som er ledig for simulering på LDH. Likevel ville det trolig vært en fordel om utvalget i studien fikk mulighet til å trene mer med og uten tilbakemelding i sanntid ved flere tilfeller før simuleringen. Som tidligere nevnt, ville det også ha vært en fordel om det hadde vært utført en pre-test (baseline), som kunne ha fungert som et utgangspunkt for målingene. Pre-testen kunne vært simulering tilsvarende den som ble utført i oktober 21. Dette kunne ha bidratt til å gi et bedre svar på hva som endret seg etter trening med tilbakemelding i sanntid.

## **Generaliserbarhet**

Dette studiet er utført med et relativt lite, men spesialisert utvalg. Resultatene som har kommet frem i denne studien kan trolig ha en overføringsverdi til tilsvarende grupper. Det som svekker generaliserbarheten til studiet, er mangel på sykepleierstudenter fra avdelinger i kategori 2, samt svakheter ved studien som er kommentert i andre deler av denne kappen, slik som tidsintervall, og mengdetrening med instrumentet Monivent Neo Training.



## Styrker og begrensninger

En styrke ved denne studien er at den er utført på et utvalg som sjelden er representert i denne typen forskning. At det er sykepleiere som er utvalget bidrar til å sette fokus på en annen gruppe enn leger som også bruker ventilasjonsverktøy i sin jobbhverdag. På et kull på master i avansert klinisk nyfødtsykepleie er det rundt 30 studenter (avhengig av praksisplasser), og utvalget til studien er hentet fra ett slikt kull. I dette eksperimentet var utvalget 10 tilfeldig utvalgte av totalt 27 studenter. Dataene er derfor samlet fra et relativt lite utvalg, men dette skyldes at eksperimentet er utført innenfor rammene av et klinisk masterprogram som setter begrensninger på hvor stort utvalg det er mulig å få. I tillegg er det viktig å belyse at det ikke er sikkert at disse 10 studentene er særskilt annerledes enn de resterende 17 studentene som var med på simuleringen, men som ikke utførte selve bag-maske-ventileringen, og at det ikke er sikkert at et større utvalg ville ha gitt andre resultater eller konklusjoner.

## Konklusjon

Denne studien viste at trening på bag-maske ventilering på nyfødt dukker med tilbakemelding i sanntid, ikke ga bedring av ventilasjonen i en simuleringssituasjon hva gjelder tidalvolum, ventilasjonsfrekvens og maskelekkasje. Årsaker til at treningen ikke ga de ventede resultatene kan være at det var for lite trening med tilbakemelding i sanntid, og for lang tid mellom trening og simulering. Studien er utført på en gruppe deltagere som er underrepresentert i litteraturen, særskilt med tanke på representasjonen denne gruppen har i praksis på sykehuset, også på nyfødtintensivavdelinger.

Hjelpemiddelet som er benyttet i denne studien, Monivent Neo Training, gir ikke overbevisende positive resultater med tanke på resultatet under trening. Dette kan det være flere årsaker til, som for lite trening med instrumentet som gir mulighet for å korrigere egen ventilering eller stress ved treningssituasjonen.

Resultatet fra de ti studentene som ventilerte i simuleringen kan sies å være generaliserbare for tilsvarende utvalg, men det hadde vært ønskelig å ha deltagere slik at alle kategorier ved norske nyfødtintensivavdelinger hadde blitt representert.

## Referanser

1. Monivent. Monivent Neo Training 2020 [cited 21 1202]. Available from: <https://www.monivent.se/monivent-products/monivent-neo-training/>.
2. Madar J, Roehr CC, Ainsworth S, Ersdal H, Morley C, Rudiger M, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Newborn resuscitation and support of transition of infants at birth. *Resuscitation*. 2021;161:291-326.
3. Wyllie J, Bruinenberg J, Roehr CC, Rudiger M, Trevisanuto D, Urlesberger B. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 7. Resuscitation and support of transition of babies at birth. *Resuscitation*. 2015;95:249-63.
4. Schmolzer GM, Kamlin OC, O'Donnell CP, Dawson JA, Morley CJ, Davis PG. Assessment of tidal volume and gas leak during mask ventilation of preterm infants in the delivery room. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2010;95(6):F393-7.
5. Solevåg AL, Haemmerle E, van Os S, Bach KP, Cheung P-Y, Schmolzer GM. A novel prototype neonatal resuscitator that controls tidal volume and ventilation rate: A comparative study of mask ventilation in a newborn manikin. *Front Pediatr*. 2016;4:129-.
6. Scott JB, Schneider JM, Schneider K, Li J. An evaluation of manual tidal volume and respiratory rate delivery during simulated resuscitation. *The American journal of emergency medicine*. 2021;45:446-50.
7. Schmolzer GMMD, te Pas ABMD, Davis PGMD, Morley CJMD. Reducing Lung Injury during Neonatal Resuscitation of Preterm Infants. *J Pediatr*. 2008;153(6):741-5.
8. Kalikkot Thekkevedu R, El-Saie A, Prakash V, Katakam L, Shivanna B. Ventilation-Induced Lung Injury (VILI) in Neonates: Evidence-Based Concepts and Lung-Protective Strategies. *J Clin Med*. 2022;11(3):557.
9. Roehr CC, Kelm M, Fischer HS, Bühner C, Schmalisch G, Proquitté H. Manual ventilation devices in neonatal resuscitation: Tidal volume and positive pressure-provision. *Resuscitation*. 2009;81(2):202-5.
10. Wood FE, Morley CJ, Dawson JA, Davis PG. A respiratory function monitor improves mask ventilation. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2008;93(5):F380-f1.
11. Groombridge CJ, Kim Y, Maini A, Smit V, Fitzgerald MC. Stress and decision-making in resuscitation: A systematic review. *Resuscitation*. 2019;144:115-22.
12. Yousef N, Moreau R, Soghier L. Simulation in neonatal care: towards a change in traditional training? *Eur J Pediatr*. 2022;181(4):1429-36.
13. Letcher DC, Roth SJ, Varenhorst LJ. Simulation-Based Learning: Improving Knowledge and Clinical Judgment Within the NICU. *Clinical simulation in nursing*. 2017;13(6):284-90.
14. Doerhoff R, Garrison B. Human Factors in the NICU: A Bedside Nurse Perspective. *J Perinat Neonatal Nurs*. 2015;29(2):162-9.
15. Wagner M, Gropel P, Eibensteiner F, Kessler L, Bibl K, Gross IT, et al. Visual attention during pediatric resuscitation with feedback devices: a randomized simulation study. *Pediatr Res*. 2021;21:21.
16. Helsedirektoratet. 2. Nasjonal organisering av avdelinger for syke nyfødte 2017, 29. september [Available from: <https://www.helsedirektoratet.no/retningslinjer/nyfodtintensivavdelinger-kompetanse-og-kvalitet/nasjonal-organisering-av-avdelinger-for-syke-nyfodte#avdelingene-for-syke-nyfodte-bor-inndeles-i-kategorier-basert-pa-sykdomsgrad-og-behandlingsbehov>].
17. INACSL Standards Committee. INACSL Standards of Best Practice: SimulationSM Simulation Design 2016 [Available from: <https://www.nursingsimulation.org/article/S1876-1399%2816%2930126-8/fulltext>].

18. Sittner BJ, Aebersold ML, Paige JB, Graham LLM, Schram AP, Decker SI, et al. INACSL Standards of Best Practice for Simulation: Past, Present, and Future. *Nurs Educ Perspect*. 2015;36(5):294-8.
19. Anderson R, Sebaldt A, Lin Y, Cheng A. Optimal training frequency for acquisition and retention of high-quality CPR skills: A randomized trial. *Resuscitation*. 2019;135:153-61.

## Veileders erklæring



Jeg har vært hovedveileder for Anna-Kristi Jørstad Bülow. Anna-Kristi tok kontakt med meg sammen med en medstudent – de ønsket å skrive prosjektoppgave relatert til nyfødttmedisin. Vi la planer for en eksperimentell studie som de to skulle utføre, men da Anna-Kristi ble alene om oppgaven så vi at dette ble for mye arbeid for én person. Vi måtte da lage en plan B. Oppgaven til Anna-Kristi ble å skrive sammen en studie som alt var gjennomført ved Lovisenberg diakonale høyskole. Studien var nært knyttet til den studien Anna-Kristi hadde planlagt i utgangspunktet, og var et naturlig valg som i størrelse passet innenfor rammene av prosjektoppgave for én student.

Førsteamanuensis og overlege Arild Rønnestad sa seg villig til å være medveileder med forankring i UiO. Viktige samarbeidspartnere for øvrig har vært Irene Rød (førstelektor ved Lovisenberg diakonale høyskole) og Hanne Aagaard (professor ved Lovisenberg diakonale høyskole). Irene og Hanne var lærere for studentene som ble undersøkt i prosjektet, og initiativtaker og primus motor var Irene. Irene og Anna-Kristi har hatt direkte dialog rundt artikkelskrivingen og også til en viss grad ved skriving av kappen.

Etter mitt syn tilfredsstillende arbeidet med og endelig artikkel og kappe kravene til prosjektoppgave ved UiO. Anna-Kristi har bidratt med innspill til prosjektet og alternative vinklinger i fortolkning av funnene. Hun har således i stor grad tilført prosjektet noe nytt og eget. Anna-Kristi er flink til å skrive og ordlegge seg og satte seg inn i problemstillingen og fagfeltet overraskende fort. Hun har jobbet selvstendig med kappen. Artikkelen er ved innlevering publisert i et internasjonalt fagfelleurdert tidsskrift.

Med vennlig hilsen

A handwritten signature in black ink that reads "Anne Lee Solevåg".

Anne Lee Solevåg

Overlege

Nyfødttintensivavdelingen

Barne- og Ungdomsklinikken

Oslo Universitetssykehus