

## Оценка качества компрессий грудной клетки, проводимых медицинскими работниками в симулированных условиях

Е. А. Боева<sup>1\*</sup>, Д. О. Старостин<sup>1</sup>, М. А. Милованова<sup>1</sup>,  
В. В. Антонова<sup>1</sup>, Д. Ч. Каргин<sup>1</sup>, С. Н. Абдусаламов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> НИИ общей реаниматологии им. В. А. Неговского ФНКЦ РР,  
Россия, 107031, г. Москва, ул. Петровка, д. 25, стр. 2

<sup>2</sup> ФНКЦ специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий  
Федерального медико-биологического агентства России,  
Россия, 115682, г. Москва, Ореховый бульвар, д. 28

### Assessment of the Quality of Chest Compressions Performed by Health-Care Workers Under Simulated Conditions

Ekaterina A. Boeva<sup>1\*</sup>, Daniil O. Starostin<sup>1</sup>, Marina A. Milovanova<sup>1</sup>,  
Victoria V. Antonova<sup>1</sup>, Diego Ch. Kargin<sup>1</sup>, Sergei N. Abdusalamov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology,  
Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology,  
25 Petrovka Str., Bldg. 2, 107031 Moscow, Russia

<sup>2</sup> Federal Research and Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technology,  
Federal Medical-Biological Agency of Russia,  
28 Orekhovyy bul'var, 115682 Moscow, Russia

**Для цитирования:** Е.А. Боева, Д.О. Старостин, М.А. Милованова, В.В. Антонова, Д.Ч. Каргин, С.Н. Абдусаламов. Оценка качества компрессий грудной клетки, проводимых медицинскими работниками в симулированных условиях. *Общая реаниматология*. 2021; 17 (4): 37–47. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2021-4-37-47> [На русск. и англ.]

**For citation:** Ekaterina A. Boeva, Daniil O. Starostin, Marina A. Milovanova, Victoria V. Antonova, Diego Ch. Kargin, Sergei N. Abdusalamov. Assessment of the Quality of Chest Compressions Performed by Health-Care Workers Under Simulated Conditions. *Obshchaya Reanimatologiya = General Reanimatology*. 2021; 17 (4): 37–47. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2021-4-37-47> [In Russ. and Engl.]

#### Резюме

**Цель исследования:** изучить параметры компрессий грудной клетки медицинскими работниками городских стационаров в симулированных условиях без применения и с применением датчика контроля качества компрессий.

**Материалы и методы.** Исследование провели в многопрофильных стационарах г. Москвы. В исследование включили 359 медицинских сотрудников. Сотрудников разделили на 4 группы: врачи ( $n=97$ ) и медицинские сестры ( $n=82$ ) отделений реанимации (ОРИТ), врачи ( $n=92$ ) и медицинские сестры ( $n=88$ ) профильных отделений. Участники выполняли 2 минуты компрессий грудной клетки без применения датчика контроля качества компрессий грудной клетки (КГК), затем 2 минуты компрессий грудной клетки с применением датчика от дефибрилятора при включенных аудиовизуальных подсказках прибора. Анализировали процент целевых компрессий, частоту и глубину компрессий.

**Результаты.** Параметры компрессий в группе врачей ОРИТ выходили за пределы референсных значений (% целевых компрессий — 0,5 (0,0; 14,5)%, частота 124,1±17,8 в минуту, глубина 5,6±1,1 см), в группе медицинских сестер ОРИТ — % целевых компрессий — 0,0 (0,0; 3,5) %, частота 123,6±23,7 в минуту, глубина 5,3±1,2 см, в группе врачей профильных отделений — % целевых компрессий — 0,0 (0,0; 1,2)%, частота 123,8±23,2 в минуту, глубина 5,8±1,2 см, в группе медицинских сестер профильных отделений — % целевых компрессий 0,0 (0,0; 6,1)%, частота 119,7±29,5 в минуту, глубина 5,6±1,2 см. При применении датчика параметры компрессий статистически значимо улучшились во всех группах: врачи ОРИТ — % целевых компрессий 81,6 (64,80; 87,90)%, частота 124,1±17,8 в минуту, глубина 5,5±0,2 см; медицинские сестры ОРИТ — % целевых компрессий 69,1 (47,4; 80,6), частота 123,6±23,7 в минуту, глубина 5,3±0,3 см, врачи профильных отделений — % целевых компрессий 69,30 (50,50; 78,70), частота 123,8±23,2 в минуту, глубина 5,4±0,3 см, медицинские сестры профильных отделений — % целевых компрессий 63,70 (42,90; 75,80), частота 119,7±29,5 в минуту, глубина 5,4±0,3 см. Отличий анализируемых параметров компрессий между сотрудниками различных отделений и должностей не выявили.

**Заключение.** Параметры компрессий (% целевых компрессий, частота, глубина) не зависели от отделения, в котором работает сотрудник, и занимаемой должности (врач, медицинская сестра). Применение датчика контроля качества компрессий позволило улучшить параметры компрессий за счет снижения их частоты и нормализации глубины. Применение датчика не позволяет увеличить % це-

#### Адрес для корреспонденции:

Екатерина Александровна Боева\*  
E-mail: eboeva@fnkcr.ru

#### Correspondence to:

Ekaterina A. Boeva\*  
E-mail: eboeva@fnkcr.ru

левых компрессий до максимальных значений, что свидетельствует о необходимости проведения обучения преподавателем.

**Ключевые слова:** компрессии грудной клетки; частота компрессий; глубина компрессий

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Summary

**Aim of the study:** to investigate chest compression parameters by city hospital staff under simulated conditions with and without the use of a sensor device for quality control of chest compressions.

**Materials and Methods.** The study was conducted in Moscow's multidisciplinary hospitals. The study included 359 medical staff members. The participants were divided into 4 groups: physicians ( $n=97$ ) and nurses ( $n=82$ ) from intensive care units (ICU) and physicians ( $n=92$ ) and nurses ( $n=88$ ) from specialized departments. Participants performed 2 minutes of chest compressions without a chest compressions quality control (CCQC) sensor, followed by 2 minutes of chest compressions using a defibrillator sensor with audiovisual prompts from the device turned on. The percentage of target compressions, rate and depth of compressions were analyzed.

**Results.** Compression parameters in the group of ICU doctors were outside the reference range (% target compression — 0.5 (0.0; 14.5)%, rate 124.1±17.8 per minute, depth 5.6±1.1 cm), in the group of ICU nurses, the percentage of target compressions was 0.0 (0.0; 3.5)%, rate — 123.6±23.7 per minute, depth — 5.3±1.2 cm, in the group of specialist doctors the percentage of target compressions was 0.0 (0.0; 1.2) %, rate — 123.8±23.2 per minute, depth — 5.8±1.2 cm, in specialized nurses group the percentage of target compressions was 0.0 (0.0; 6.1)%, rate — 119.7±29.5 per minute, depth — 5.6±1.2 cm. There was a significant improvement in compression performance in all groups when the sensor device was used: in ICU physicians the percentage of target compressions was 81.6 (64.80; 87.90)%, rate — 124.1±17.8 per minute, depth — 5.5±0.2 cm; in ICU nurses the percentage of target compressions was 69.1 (47.4; 80.6), rate — 123.6±23.7 per minute, depth — 5.3±0.3 cm, in specialist doctors the percentage of target compressions was 69.30 (50.50; 78.70), rate — 123.8±23.2 per minute, depth — 5.4±0.3 cm, in specialized nurses the percentage of target compressions reached 63.70 (42.90; 75.80), rate — 119.7±29.5 per minute, depth — 5.4±0.3 cm. There were no differences in analysed compression parameters between staff in different departments or positions.

**Conclusion.** Compression parameters (percentage of target compressions, rate, depth) were not influenced by the department where the staff member worked and the position held (doctor or nurse). The use of a compression quality sensor device has improved compression parameters by reducing rate and normalizing depth. The use of the sensor does not increase the percentage of target compressions to the maximum values, indicating the need for training by an instructor.

**Keywords:** chest compressions; rate of compressions; depth of compressions

**Conflict of Interest.** The authors declare no conflict of interest.

DOI:10.15360/1813-9779-2021-4-37-47

## Введение

Вне- и внутригоспитальная остановка кровообращения остается серьезной проблемой здравоохранения во всем мире в связи с высокой частотой и низким уровнем выживаемости [1–3]. При этом, несмотря на существенные различия в финансировании и состоянии здравоохранения в каждой стране, уровень выживаемости остается низким и колеблется от 5 до 10% [4, 5]. Основными предикторами выживания являются: остановка кровообращения при свидетелях (врач, медицинская сестра), вид остановки кровообращения, место, где произошла остановка кровообращения (в отделении реанимации или в палате) [6]. Самые высокие показатели восстановления спонтанного кровообращения были достигнуты при частоте компрессий грудной клетки от 100 до 120 в минуту. Уровень выживаемости находится в линейной зависимости от глубины компрессий. При этом недостаточная глубина

## Introduction

Out-of-hospital and in-hospital cardiac arrest remains a serious public health issue worldwide due to its high incidence and low survival rate [1–3]. At the same time, despite significant differences in funding and the condition of health care in different countries, the survival rate remains low and varies from 5 to 10% [4, 5]. The main predictors of survival include witnessed cardiac arrest (by doctor or nurse), type of cardiac arrest, the place where the cardiac arrest occurred (in the intensive care unit or in the ward) [6]. The highest rates of recovery of spontaneous circulation were achieved when the rate of chest compressions was 100 to 120 per minute. The survival rate was directly related to the depth of compression. An inadequate compression depth of 2.5 cm results in a 50% reduction in survival. However, compression depths greater than 6 cm should be avoided because the risk of rib injury increases [7]. Another important element is sufficient recoil, when the thorax returns to a neutral po-

компрессий на 2,5 см приводит к снижению выживаемости на 50%. Однако, следует избегать глубины компрессий более 6 см, так как увеличивается риск травмы ребер [7]. Другим важным элементом является достаточная декомпрессия, когда грудная клетка возвращается в нейтральное положение после каждой компрессии. Недостаточная декомпрессия приводит к увеличению внутригрудного давления, которое, в свою очередь, увеличивает внутричерепное давление и уменьшает венозный возврат к сердцу с последующим более низким сердечным выбросом, что уменьшает мозговой кровоток [8]. Для повышения качества сердечно-легочной реанимации требуется проведение обучения [9–11].

Таким образом, актуальной проблемой остается качество выполнения компрессий грудной клетки медицинскими сотрудниками.

Цель исследования — изучить параметры компрессий грудной клетки медицинскими работниками городских стационаров в симулированных условиях с применением датчика качества компрессий грудной клетки.

## Материал и методы

Данное многоцентровое исследование провели в многопрофильных стационарах г. Москвы в период с 2017–2019 гг. Все участники были заранее проинформированы о дизайне исследования и подписали информированное добровольное согласие на участие в нем. Исследование проводили по следующему алгоритму:

- две минуты компрессий грудной клетки без применения датчика контроля качества компрессий грудной клетки (КГК), аудиовизуальные подсказки прибора выключены.
- две минуты компрессий грудной клетки с применением датчика контроля качества КГК от дефибрилятора ZOLL R Series (аудиовизуальные подсказки прибора включены).
- сохранение и анализ данных с выделением случаев попадания участником в рекомендованные параметры компрессий грудной клетки (с помощью программного обеспечения ZOLL RescueNet Code Review®, рис. 1).

В качестве референсных критериев использовали рекомендации ECP 2015 г. [12]. Параметры компрессий грудной клетки оценивали по следующим критериям:

- частота компрессий грудной клетки — 100–120 в минуту;
- глубина компрессий грудной клетки — не менее 5 см, но не более 6 см;
- процент целевых компрессий грудной клетки (% целевых компрессий) — это процент компрессий, при которых частота, глубина, а также выполнение декомпрессии входит в референсные значения при каждой выполненной компрессии. Процент целевых компрессий рассчитывали автоматически, и анализировали впоследствии как количественный параметр.

sition after each compression. Incomplete recoil leads to an increase in intrathoracic pressure, which in turn raises intracranial pressure and decreases venous return to the heart with a subsequent lower cardiac output, which decreases cerebral blood flow [8]. Training is required to improve the quality of cardiopulmonary resuscitation [9–11].

Thus, the quality of chest compressions performed by medical staff remains a crucial problem.

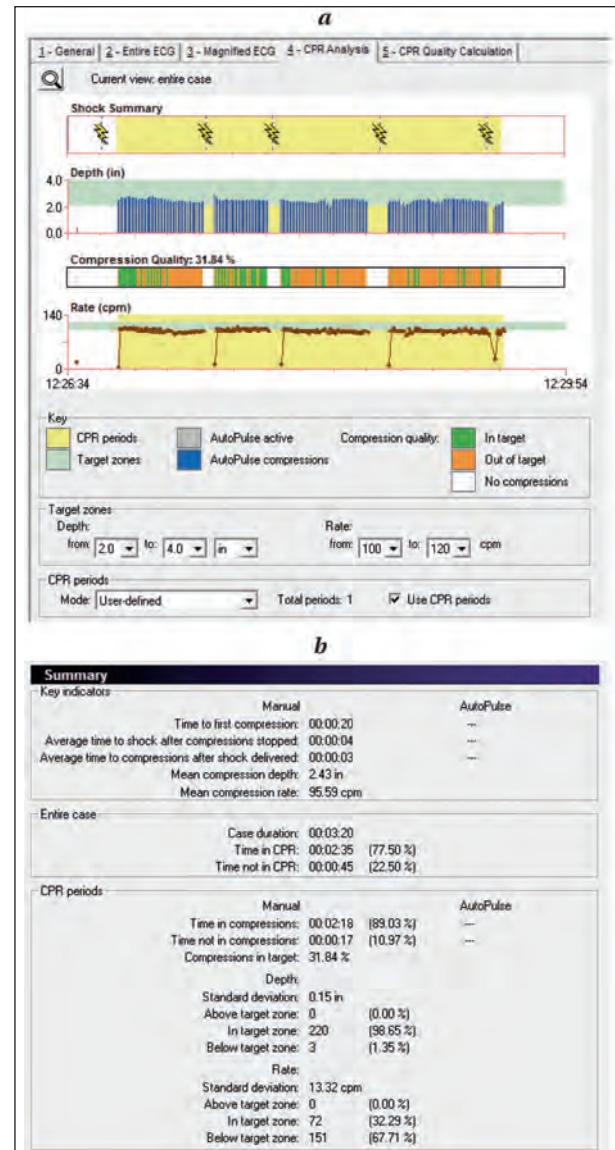


Рис. 1. Образец графического отображения качества компрессий грудной клетки.

Fig. 1. Sample graphical representation of the quality of chest compressions.

Note. *a* — within the required rate and depth limits; *b* — parameters measured (compressions in target, mean compression depth, in [subsequently converted to cm], mean compression rate). Cpm — compressions per minute, in — inches.

Примечание. *a* — в требуемых границах частоты и глубины; *b* — параметры: compressions in target — целевых компрессий; mean compression depth, in — среднее значение глубины компрессий, дюймы с переводом данных в см; mean compression rate, cpm — среднее значение частоты компрессий в минуту.

Полученные данные подвергали статистической обработке с использованием программы Statistica 7.0 (StatSoft, Inc.). Для оценки характера распределения в совокупности по выборочным данным использовали тесты Лиллиефорса и Колмогорова-Смирнова. Сравнения средних значений параметров в двух группах из совокупностей с нормальным распределением проводили с помощью *t*-критерия Стьюдента, а также его модификации для двух зависимых или двух независимых выборок. Для анализа выборочных данных из совокупностей, отличающихся от нормального распределения, использовали непараметрические методы (критерий Уилкоксона). Сравнение показателей компрессий врачей и медсестер двух различных отделений проводили с помощью критерия Краскела–Уоллиса. Описательную статистику представили в виде средней арифметической величины и ее стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ), а также в виде медианы, 25-й 75-й процентилей. При соответствии данных закону нормального распределения использовали представленные данные в виде  $M \pm SD$ , в противном случае —  $Me (Q1; Q3)$ .

**Характеристика групп.** В исследовании приняло участие 359 медицинских сотрудников различных городских клинических больниц города Москвы. Данное рандомное исследование проходило в параллельных группах. Всех сотрудников (общая группа) разделили на следующие группы: врачи отделений реанимации и анестезиологии, медицинские сестры отделений реанимации и анестезиологии, врачи профильных отделений (терапевтические, эндокринологические, кардиологические, отделения лучевой диагностики, отделения функциональной диагностики), и медицинские сестры тех же профильных отделений.

Кроме того, оценку параметров компрессий проводили в зависимости от отделений, где работают сотрудники. Выделили 4 группы сотрудников, работающих в отделении кардиологии, приемном отделении, бригадах скорой медицинской помощи, а также в других отделениях, где частота остановок кровообращения низкая (терапии, эндокринологии, неврологии, травматологии, хирургии, отделении лучевой диагностики, отделении функциональной диагностики). Сотрудников реанимационно-анестезиологической службы также разделили на 4 группы в зависимости от места работы: ОРИТ по приему больных любого профиля, ОРИТ по приему кардиологических больных, анестезиологическая служба, ОРИТ других профилей (урологический, терапевтический профиль больных, ОРИТ для пациентов после оперативных вмешательств). Число сотрудников в каждой группе, а также данные по параметрам компрессий грудной клетки представили в табл. 1–3.

## Результаты и обсуждение

**Характеристика общей группы.** В общую группу вошли все медицинские работники различных отделений стационаров. На рис. 2 показано распределение медицинских работников в зависимости от % целевых компрессий без и с применением датчика контроля качества компрессий. При выполнении КГК без

The aim of this study was to examine the parameters of chest compressions by medical workers in city hospitals under simulated conditions using a chest compressions quality sensor device.

## Materials and Methods

This multicenter study was conducted in multidisciplinary hospitals in Moscow between 2017 and 2019. All participants were informed in advance about the study design and signed informed consent to participate. The study was conducted according to the following algorithm:

- two minutes of chest compressions without using the chest compressions quality control (CCQC) sensor device with audio-visual prompts of the simulator switched off.
- two minutes of chest compressions using the CCQC sensor from the ZOLL R Series defibrillator (with the audio-visual prompts from the device switched on).
- - data storage and analysis, highlighting cases where the participant fell within the recommended thoracic compression parameters (using ZOLL RescueNet Code Review® software, Fig. 1).

The 2015 ECR guidelines were used as reference criteria [12]. Thoracic compression parameters were assessed according to the following criteria:

- the rate of chest compressions is 100–120 per minute;
- depth of chest compressions — at least 5 cm, but no more than 6 cm;
- The percentage of target chest compressions is the percentage of compressions where the rate, depth, and decompression performance were within the reference values for each compression performed. The percentage of target compressions was calculated automatically and analyzed later as a quantitative parameter.

The data were statistically processed using Statistica 7.0 software (StatSoft, Inc.). Lilliefors and Kolmogorov-Smirnov tests were used to assess the distribution normality in the population according to sample data. Comparisons of mean values of parameters in two groups from populations with normal distribution were performed using Student's *t* test and its modification for two dependent or two independent samples. Nonparametric methods (Wilcoxon criterion) were used to analyze sample data from populations with distribution other than normal. Compression rates of doctors and nurses from two different departments were compared using the Kruskal–Wallis criterion. Descriptive statistics were presented as arithmetic mean and its standard deviation ( $M \pm SD$ ) and median with 25<sup>th</sup> and 75<sup>th</sup> percentile. Data were presented as  $M \pm SD$  if they were normally distributed, otherwise, they were presented as  $Me (Q1; Q3)$ .

**Group characteristics.** The study involved 359 medical staff members from various city clinical hospitals in Moscow. This randomized study was conducted in parallel groups. All participants were divided into the following groups: physicians from intensive care and anesthesiology departments, nurses from intensive care and anesthesiology departments, physicians from specialized departments (therapeutic, endocrinology, cardiology, radiology, and functional diagnostics departments), and nurses from the same specialized departments.

In addition, compression parameters were assessed according to the departments where the employees work.

**Таблица 1. Параметры компрессий грудной клетки (без применения/ с применением датчика контроля качества компрессий грудной клетки) у врачей и медицинских сестер реанимационных и профильных отделений.**

**Table 1. Parameters of chest compressions (without/with the use of the chest compressions quality control sensor) in physicians and nurses of intensive care and specialized departments.**

Group	Percentage of target compressions. %			Depth of compressions. cm			Rate of compressions		
	CCQC sensor		P-value	CCQC sensor		P-value	CCQC sensor		P-value
	without	with		without	with		without	with	
ICU physicians (n=97)	0.5 (0.0; 14.5)	81.6 (64.8; 87.9)	P<0.001	5.6±1.1	5.5±0.2	P=0.277	124.1±17.8	111.6±4.5	P<0.001
ICU nurses (n=82)	0.0 (0.0; 3.5)	69.1 (47.4; 80.6)	P<0.001	5.3±1.2	5.3±0.3	P=0.987	123.6±23.7	112.2±5.7	P<0.001
Doctors of specialized departments (n=92)	0.0 (0.0; 1.2)	69.3 (50.5; 78.7)	P<0.001	5.8±1.2	5.4±0.3	P=0.342	123.8±23.2	112.6±6.1	P<0.001
Nurses of specialized departments (n=88)	0.0 (0.0; 6.1)	63.7 (42.9; 75.8)	P<0.001	5.6±1.2	5.4±0.3	P=1.999	119.7±29.5	109.4±15.6	P=0.783

**Note.** For tables 1–3: data presented as medians (lower quartile 25%, upper quartile 75%) and as  $M\pm SD$ .

**Примечание.** Для табл. 1–3: данные представили как медиану (нижний квартиль 25%, верхний квартиль 75%), а также как  $M\pm SD$ ; percentage of target compressions — процент целевых компрессий; depth of compressions — глубина компрессий; rate of compressions — частота компрессий; without/with CCQC sensor — без применения/с применением датчика контроля качества КГК; physicians/nurses — врачи/медсестры; ICU/ specialized departments — ОРИТ/профильных отделений.

**Таблица 2. Параметры компрессий грудной клетки (без применения/с применением датчика контроля качества компрессий грудной клетки) у врачей и медицинских сестер различных не реанимационных отделений.**

**Table 2. Chest compression parameters (without/with the use of a chest compression quality control sensor) in physicians and nurses of various non-intensive care units.**

Group	Percentage of target compressions. %			Depth of compressions. cm			Rate of compressions		
	CCQC sensor		P-value	CCQC sensor		P-value	CCQC sensor		P-value
	without	with		without	with		without	with	
Cardiology department (n=85)	0.0 (0.0; 3.57)	61.5 (45.8; 71.8)	P<0.001	5.6±1.2	5.3±0.4	P=0.333	124.0±28.3	110.7±6.1	P=0.004
Emergency department (n=47)	3.9 (0.0; 17.3)	43.5 (34.9; 61.0)	P<0.001	5.8±1.1	5.3±0.5	P=0.049	115.2±23.6	105.7±24.9	P=0.722
Accident and emergency team members (n=44)	28.7 (0.5; 53.5)	77.9 (68.6; 83.8)	P=0.001	5.7±0.6	5.6±0.2	P=0.330	114.1±8.6	111.1±5.5	P=0.025
Other specialized departments (n=112)	0 (0; 0.48)	68.4 (49.6; 78.6)	P<0.001	5.8±1.3	5.4±0.3	P=0.002	124.2±24.4	112.9±5.8	P<0.001

**Примечание.** Cardiology department — отделение кардиологии; emergency department — приемное отделение; accident and emergency team members — сотрудники СМП; other specialized departments — другие профильные отделения.

**Таблица 3. Параметры компрессий грудной клетки (без применения/с применением датчика контроля качества компрессий грудной клетки) у врачей и медицинских сестер различных реанимационных отделений.**

**Table 3. Chest compression parameters (without/with thoracic compression quality control sensor) in physicians and nurses of various intensive care units.**

Group	Percentage of target compressions. %			Depth of compressions. cm			Rate of compressions		
	CCQC sensor		P-value	CCQC sensor		P-value	CCQC sensor		P-value
	without	with		without	with		without	with	
Admission ICU (n=9)	0.1 (0.0; 0.3)	77.4 (75.0; 81.8)	P=0.040	5.0±0.5	5.4±0.3	P=0.138	141.8±15.0	110.4±6.2	P=0.040
Specialized departments ICU (n=35)	0.0 (0.0; 15.2)	78.8 (63.7; 87.2)	P<0.001	5.1±1.2	5.4±0.3	P=0.111	128.7±15.3	110.0±5.2	P<0.001
Cardiological ICU (n=15)	1.63 (0.0; 7.03)	76.4 (71.1; 79.1)	P=0.003	5.4±1.3	5.5±0.2	P=0.722	132.5±22.7	111.9±5.8	P=0.020
Anesthesiology service (n=10)	0.0 (0.0; 20.0)	82.6 (64.1; 87.0)	P=0.011	4.2±0.9	5.4±0.2	P=0.011	142.3±19.6	111.4±5.3	P=0.011

**Примечание.** ICU — ОРИТ; admission — приемное; specialized departments — профильных отделений; cardiological — кардиологического профиля; anesthesiology service — анестезиологическая служба.

датчика контроля качества компрессий у 269 (75%) работников процент целевых компрессий грудной клетки был менее 10. Только у 4 (1%) сотрудников процент целевых компрессий составил более 90. При применении датчика качества компрессии ситуация изменилась, у 149 (41,5%) сотрудников процент целевых компрессий составил 70–90.

We identified 4 groups of employees working in the cardiology department, emergency department, accident and emergency teams, and other departments where the frequency of cardiac arrest is low (therapy, endocrinology, neurology, traumatology, surgery, radiology department, and functional diagnostics department). The intensive care and anesthesia service staff were also divided into 4 groups according to their place of work: ICU for admission of any profile patients, ICU for admission of cardiological

При оценке параметров компрессий грудной клетки в общей группе без применения и с применением датчика контроля выявили статистически значимые отличия по % целевых компрессий [0,0 (0,0; 10,8) против 71,5 (53,4; 84,1),  $p < 0,001$ , по глубине ( $5,6 \pm 1,2$  против  $5,4 \pm 0,3$ ,  $p = 0,031$ ) и частоте компрессий ( $123,0 \pm 22,4$  против  $110,7 \pm 10,8$ ,  $p < 0,001$ ) (рис. 3).

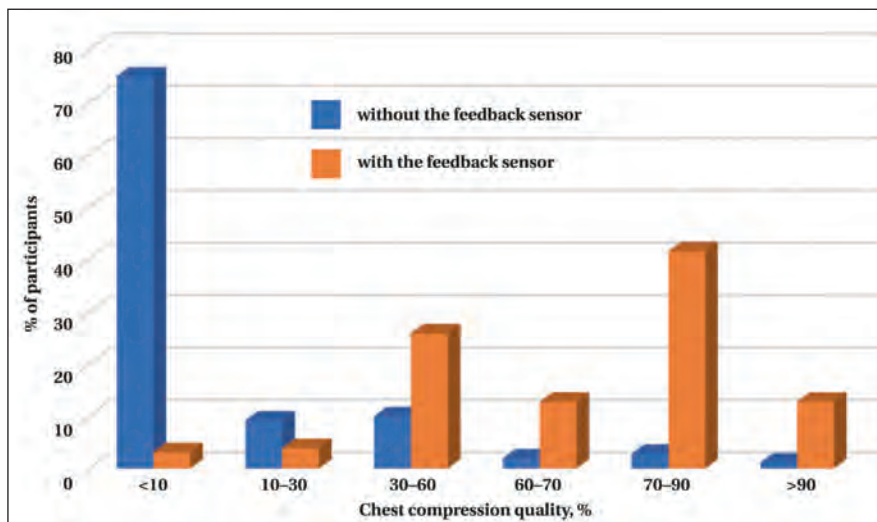
При анализе глубины компрессий без применения и с применением датчика качества КГК установили, что без датчика референсная глубина компрессий была достигнута 117 (33%) сотрудниками, после применения датчика — 321 (89,4%) сотрудником. При анализе частоты компрессий грудной клетки без применения датчика референсные значения были достигнуты 108 (30%) сотрудниками, с применением датчика — 333 (93%) сотрудниками.

С применением датчика контроля качества компрессий % целевых компрессий значительно увеличился за счет снижения частоты компрессий и нормализации глубины компрессий. При этом для всех медицинских работников характерно выполнение компрессий с большей частотой по сравнению с референсными значениями.

**Характеристика группы врачей и медсестер ОРИТ.** При сравнении качества компрессий грудной клетки группой врачей ОРИТ до и после применения датчика качества компрессий получили статистически значимые различия по % целевых компрессий [0,45 (0,0; 14,5) против 81,6 (64,8; 87,9),  $p = 0,001$ ] и частоте компрессий [ $124,1 \pm 17,8$  против  $111,6 \pm 4,5$ ,  $p = 0,001$ ], по глубине компрессий разница была не значимой (табл. 1, рис. 4).

При применении датчика компрессий % целевых компрессий существенно увеличивался. В группе врачей ОРИТ у 72% сотрудников (48 человек) % целевых компрессий был ниже 10%. После применения датчика у 52,2% сотрудников (35 человек) % целевых компрессий составил 70–90%.

При анализе работы медицинских сестер ОРИТ получены схожие данные. Выявили статистически значимые отличия по % целевых компрессий [0,0 (0,0; 3,5) против 69,1 (47,4; 80,6),



**Рис. 2. Распределение медицинских работников в зависимости от % целевых компрессий с применением и без применения датчика контроля качества компрессий.**  
**Fig. 2. Distribution of health care professionals according to percentage of target compressions with and without the use of a CCQC sensor device.**

**Примечание.** % of participants — % сотрудников; chest compression quality, % — качество компрессий грудной клетки; для рис. 2–4: without/with the feedback sensor — без/с датчиком обратной связи.

patients, anesthesiology service, ICU for other specializations (urology, therapy, postoperative ICU). The number of staff members in each group, as well as data on chest compression parameters are presented in Tables 1–3.

## Results and Discussion

**General group characteristics.** The general group consisted of all healthcare workers from various hospital departments. Figure 2 shows the distribution of healthcare workers according to the percentage of target compressions without and with the use of the CCQC sensor device. When performing CC without a quality control sensor, 269 (75%) employees had a percentage of target chest compressions less than 10. Only 4 (1%) employees had a percentage of target compressions greater than 90. The situation changed when the compression quality sensor was used, with 149 (41.5%) workers having the percentage of target compressions of 70–90.

Assessment of chest compressions parameters in the general group without and with the control sensor revealed significant differences in percentage of target compressions [0.0 (0.0; 10.8) vs 71.5 (53.4; 84.1),  $P < 0.001$ , in depth [ $5.6 \pm 1.2$  vs  $5.4 \pm 0.3$ ,  $P = 0.031$ ] and rate of compressions [ $123.0 \pm 22.4$  vs  $110.7 \pm 10.8$ ,  $P < 0.001$ ] (Fig. 3).

When analyzing the depth of compression without and with the use of the CCQC sensor, we found that 117 (33%) workers achieved the reference depth of compressions without the sensor and 321 (89.4%) workers achieved it after the use of the sensor. When analyzing the rate of chest compressions without the use of the sensor, we revealed that

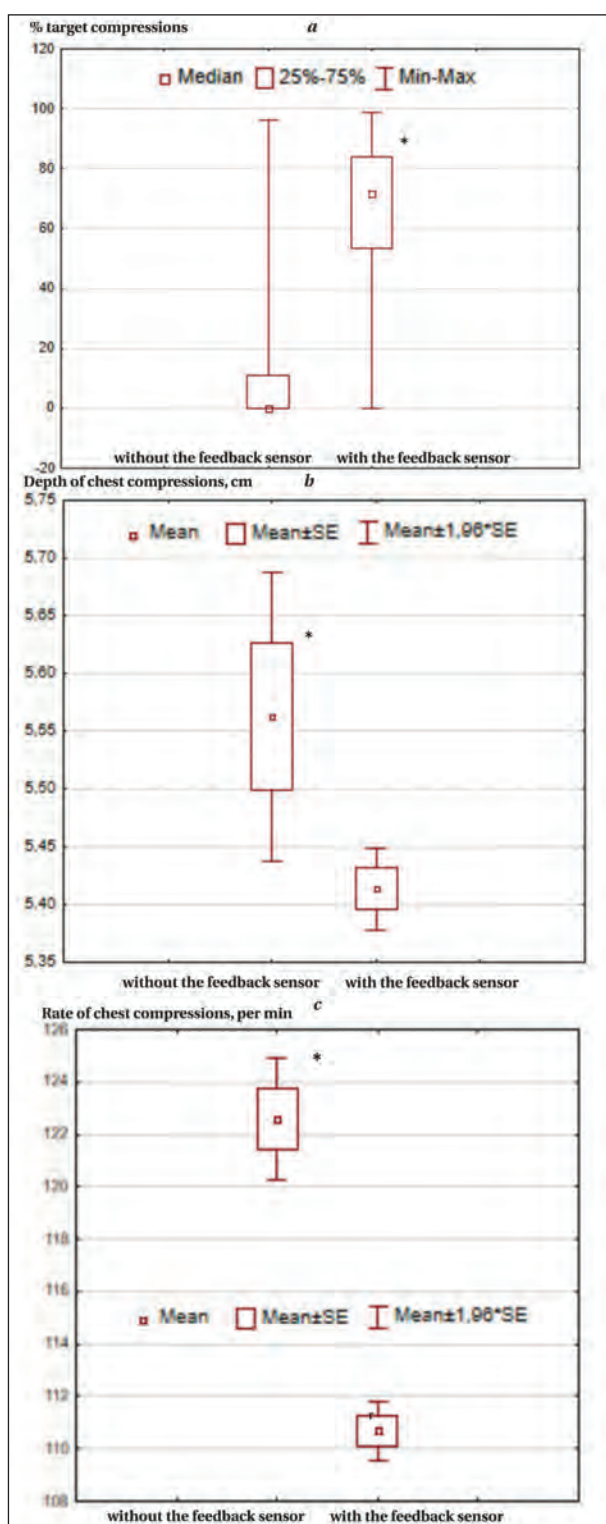


Рис. 3. Исследуемые параметры компрессий грудной клетки в общей группе.

Fig. 3. The studied parameters of chest compressions in the general group.

Note. *a* — % of target compressions, \* —  $P=0.000$  when comparing groups using Wilcoxon criterion. *b*, *c* — depth and rate of compressions, \* —  $P=0.031$  and \* —  $P=0.000$ , respectively, when comparing groups using Student's *t*-test for related samples.

Примечание. *a* — % целевых компрессий, \* —  $p=0,000$  при сравнении групп по критерию Уилкоксона. *b*, *c* — глубина и частота компрессий, \* —  $p=0,031$  и \* —  $p=0,000$ , соответственно, при сравнении групп по *t*-критерию Стьюдента для связанных выборок.

108 (30%) employees achieved the reference values and 333 (93%) employees achieved the reference values with the use of the sensor.

With the use of the CCQC sensor, the percentage of target compressions increased significantly due to a decrease in the rate of compressions and normalized compression depth. At the same time, all healthcare workers were characterized by a higher rate of compressions compared to the reference values.

**Characteristics of the ICU doctors and nurses group.** When comparing the quality of chest compressions by a group of ICU physicians before and after the use of the chest compressions sensor, we obtained significant differences for the percentage of target compressions [0.45 (0.0; 14.5) vs 81.6 (64.8; 87.9),  $P=0.001$ ] and rate of compressions [124.1±17.8 vs 111.6±4.5,  $P=0.001$ ], no significant differences for depth of compressions were revealed (Table 1, Fig. 4).

When the compression sensor was used, the percentage of target compressions increased significantly. In the ICU group 72% of the staff (48 persons) had target compression percentage below 10%. After the use of sensor, 52.2% of professionals (35 persons) had 70%-90% of target compressions.

When analyzing the performance of the ICU nurses, similar data were obtained. There were significant differences in percentage of target compressions [0.0 (0.0; 3.5) vs 69.1 (47.4; 80.6),  $P<0.001$ ] and rate of compressions [123.6±23.7 vs 112.2±5.7,  $P<0.001$ ] when using the sensor. The percentage of target compressions increased, and the rate of compressions decreased with the use of the sensor.

When comparing percentages of target compressions, depth and rate of compressions between groups of nurses and intensive care unit physicians before and after the use of the CCQC sensor, no significant differences were found.

**Characteristics of the group of specialized hospital departments professionals.** An analysis of the specialized department physician group revealed significant differences in percentage of target chest compressions [0.0 (0.0; 1.2) versus 69.3 (50.5; 78.7),  $P<0.001$ ], rate [123.8±23.2 versus 112.6±6.1,  $P<0.001$ ] and depth [5.8±1.2 versus 5.4±0.3,  $P=0.048$ ] before and after using the CCQC sensor (Table 1).

Analysis of the specialized nurses' parameters demonstrated significant differences in percentage of target compressions [0.0 (0.0; 6.1) vs. 63.7 (42.9; 75.8),  $P<0.001$ ] without CCQC sensor and after using it.

When comparing the percentages of target compressions, depth and rate of compressions between the groups of nurses and physicians of the specialized departments before and after the use of the feedback sensor, no significant differences were found. The majority of the staff in these groups had less than 10 target compressions.

$p < 0,001$ ] и частоте компрессий [123,6±23,7 против 112,2±5,7,  $p < 0,001$ ] при применении датчика качества компрессий. При использовании датчика % целевых компрессий увеличился, частота компрессий уменьшилась.

При сравнении % целевых компрессий, глубины и частоты компрессий между группами медицинских сестер и врачей отделений реанимации до и после применения датчика контроля качества компрессий грудной клетки статистически значимых отличий не выявили.

**Характеристика группы врачей и медсестер профильных отделений стационаров.**

При анализе группы врачей профильных отделений выявили статистически значимые отличия в % целевых компрессий грудной клетки [0,0 (0,0; 1,2) против 69,3 (50,5; 78,7),  $p < 0,001$ ], частоте [123,8±23,2 против 112,6±6,1,  $p < 0,001$ ] и глубине [5,8±1,2 против 5,4±0,3,  $p = 0,048$ ] до и после применения датчика контроля качества КГК (табл. 1).

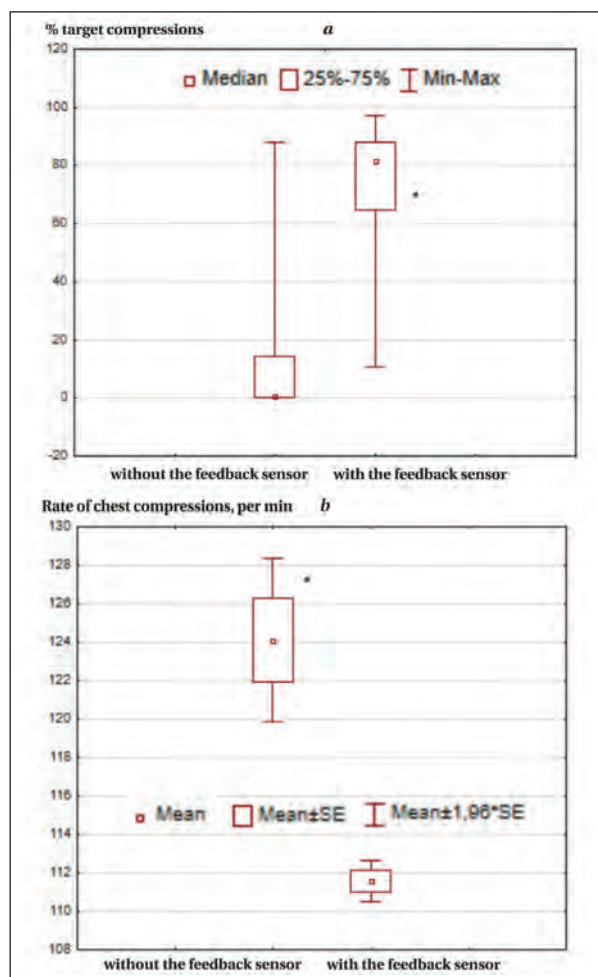
При анализе показателей медицинских сестер профильных отделений выявили статистически значимые различия в % целевых компрессий [0,0 (0,0; 6,1) против 63,7 (42,9; 75,8),  $p < 0,001$ ] без и после применения датчика контроля качества компрессий грудной клетки.

При сравнении % целевых компрессий, глубины и частоты компрессий между группами медицинских сестер и врачей профильных отделений до и после применения датчика обратной связи статистически значимых отличий не обнаружили. У большинства сотрудников данных групп процент целевых компрессий был менее 10.

При сравнении группы врачей и медицинских сестер отделений реанимации с группой врачей и медицинских сестер профильных отделений до применения датчика контроля качества КГК статистически значимых различий не получили. Однако, при сравнении тех же групп после применения датчика контроля качества получили статистически значимые различия между врачами реанимационных отделений и врачами профильных отделений по % целевых компрессий грудной клетки [81,6 (64,8; 87,9) против 69,3 (50,5; 78,7),  $p = 0,001$ ].

Также выявили статистически значимые различия между группой врачей профильных отделений и медицинских сестер реанимационных отделений по глубине компрессий грудной клетки [5,8±1,2 против 5,3±1,2,  $p = 0,048$ ] до применения датчика контроля качества. У врачей профильных отделений глубина компрессий была сильно завышена.

Кроме того, получили статистически значимые различия между группой врачей реанимационного отделения и медицинскими сестрами профильных отделений по % целевых компрес-



**Рис. 4.** Исследуемые параметры компрессий грудной клетки в группе врачей ОРИТ.

**Fig. 4.** The studied parameters of chest compressions in the group of ICU physicians.

**Note.** *a* — percentage of target compressions, \* —  $P < 0,001$  using Wilcoxon criterion. *b* — frequency of compressions, \* —  $P < 0,001$  when comparing groups using Student's *t*-test for related samples.

**Примечание.** *a* — % целевых компрессий, \* —  $p < 0,001$  при сравнении групп по критерию Уилкоксона. *b* — частота компрессий, \* —  $p < 0,001$  при сравнении групп по *t*-критерию Стьюдента для связанных выборок.

When comparing the group of intensive care unit physicians and nurses with the group of physicians and nurses from the specialized departments before the use of CCQC sensor, no significant differences were obtained. However, when comparing the same groups after the use of the CCQC sensor, we found significant differences between the ICU physicians and the physicians of the specialized departments in the percentage of target chest compressions [81.6 (64.8; 87.9) vs. 69.3 (50.5; 78.7),  $P = 0.001$ ].

Also, we found significant differences between the group of specialized department physicians and intensive care unit nurses in depth of chest compressions [5.8±1.2 vs. 5.3±1.2,  $P = 0.048$ ] before the quality control sensor was used. The depth of



сий с применением датчика контроля качества [81,6 (64,8; 87,9) против 63,7 (42,9; 75,8),  $p=0,048$ ].

#### **Характеристика групп специалистов в зависимости от профиля отделения**

При анализе групп сотрудников профильных отделений выявили следующие статистически значимые различия (табл. 2). До применения датчика контроля качества % целевых компрессий в группе специалистов отделения скорой медицинской помощи значимо отличался от % целевых компрессий в группе специалистов отделения кардиологии [28,7 (0,5; 53,5) против 0,0 (0,0; 3,6),  $p=0,027$ ] и остальных профильных отделений [28,7 (0,5; 53,5) против 0,0 (0,0; 0,5),  $p=0,019$ ]. Кроме того, получили статистически значимые отличия после применения датчика контроля качества КГК между группой специалистов отделения скорой медицинской помощи и группами специалистов отделения кардиологии по % целевых компрессий [77,9 (68,6; 83,8) против 61,5 (45,8; 71,8),  $p=0,013$ ] и глубине компрессий [5,6±0,2 см против 5,3±0,4 см,  $p=0,030$ ], а также группой специалистов приемного отделения по % целевых компрессий [77,9 (68,6; 83,8) против 43,5 (34,9; 61,0),  $p=0,001$ ]. Полученные различия, по-видимому, обусловлены большим практическим опытом специалистов скорой медицинской помощи в проведении компрессий грудной клетки.

При анализе результатов сотрудников отделений реанимации выявили следующие статистически значимые различия (табл. 3). До применения датчика контроля качества КГК получили различия по частоте компрессий грудной клетки между сотрудниками кардиореанимации и приемного реанимационного отделения [132,5±22,7 против 141,8±15,0,  $p=0,043$ ]. Также отметили статистически значимые отличия до применения датчика контроля качества КГК между группой специалистов анестезиологической службы и специалистами ОРИТ профильных отделений по глубине компрессий [4,2±0,9 см против 5,1±1,2 см,  $p=0,017$ ] и кардиореанимации по частоте компрессий [142,3±19,6 против 132,5±22,7,  $p=0,043$ ].

У многих медицинских работников показатели компрессий грудной клетки (% целевых компрессий, частота, глубина) выходили за пределы референсных значений, что соответствует данным зарубежной литературы [13].

Предполагалось, что у тех сотрудников, которые сталкиваются с остановкой кровообращения чаще других параметры компрессий будут иметь тенденцию к нормализации, за счет имеющегося клинического опыта проведения сердечно-легочной реанимации [14]. К такой категории сотрудников относятся врачи реаниматологи, медицинские сестры, работаю-

compressions was severely overestimated in the physicians of the specialized departments.

In addition, we obtained significant differences between the group of intensive care unit physicians and the nurses of specialized departments in the percentage of target compressions when using the quality control sensor [81.6 (64.8; 87.9) versus 63.7 (42.9; 75.8),  $P=0.048$ ].

**Characteristics of groups of medical professionals in the specialized departments.** The following significant differences were found when analyzing the groups of staff in the specialized departments (Table 2). Prior to the use of the quality control sensor, the percentage of target compressions in the accident and emergency department staff was significantly different from the percentage of target compressions in the cardiology group [28.7 (0.5; 53.5) vs 0.0 (0.0; 3.6),  $P=0.027$ ] and in all other departments [28.7 (0.5; 53.5) vs 0.0 (0.0; 0.5),  $P=0.019$ ]. In addition, we found significant differences after using the CCQC sensor between the accident and emergency department specialist group and the cardiology department specialist groups in the percentage of target compressions [77.9 (68.6; 83.8) vs 61.5 (45.8; 71.8),  $P=0.013$ ] and depth of compressions [5.6±0.2 cm vs 5.3±0.4 cm,  $P=0.030$ ], and the emergency department specialist group in the percentage of target compressions [77.9 (68.6; 83.8) vs 43.5 (34.9; 61.0),  $P=0.001$ ]. The differences seem to be due to the greater practical experience of the accident and emergency department specialists in chest compressions.

The following significant differences (Table 3) were found when analyzing the results of the intensive care unit staff. Before the use of the CCQC sensor, we found significant differences in the rate of chest compressions between cardiac intensive care unit and emergency room staff [132.5±22.7 versus 141.8±15.0,  $P=0.043$ ]. We also noted statistically differences without the use of CCQC sensor between the anesthesiology service group and the specialized intensive care unit staff in the depth of chest compressions [4.2±0.9 cm vs 5.1±1.2 cm,  $P=0.017$ ] and with cardiac ICU in the rate of compressions [142.3±19.6 vs 132.5±22.7,  $P=0.043$ ].

The performance of many healthcare professionals in chest compressions (percentage of target compressions, rate, depth) was outside the reference values, which is consistent with the international data [13].

Those medical professionals who encounter cardiac arrest more frequently were expected to have a trend to better compression performance due to their clinical expertise in cardiopulmonary resuscitation [14]. This category of staff includes intensive care physicians, nurses working in the intensive care unit and cardiac care unit staff, as well as the accident and emergency staff. Before and with the use of the feedback tools, the percentage

щие в отделении реанимации и сотрудники кардиологических отделений, сотрудники скорой медицинской помощи. До применения и при использовании средств обратной связи % целевых компрессий в данной категории сотрудников был значимо выше, что может свидетельствовать о частичном сохранении навыка вследствие опыта работы. Однако, данное заключение требует проведения дополнительных исследований.

После применения датчика контроля качества компрессий % целевых компрессий значимо увеличивался. Скорей всего, это объясняется тем, что была правильная организация обратной связи (аудиовизуальные подсказки прибора включены) — одно из условий эффективности выполняемых упражнений [15–18]. При выполнении компрессий грудной клетки с использованием датчика контроля качества компрессий участники исследования могли видеть значения (частота, глубина компрессий) и корректировать свои действия. Однако применение только датчика контроля качества компрессий не привело к максимально возможному увеличению % целевых компрессий, так как % целевых компрессий зависит не только от глубины и частоты компрессий, но также от декомпрессии и правильного положения тела и рук при выполнении компрессий грудной клетки. Таким образом, помимо применения датчика контроля качества компрессий грудной клетки, для дальнейшего совершенствования навыка требуется проведение обучения с контролем правильности выполнения компрессий от преподавателя.

В ходе исследования также обнаружили, что % целевых компрессий не зависел от отделения, в котором работает сотрудник, и занимаемой должности (врач, медицинская сестра).

## Заключение

Применение датчика контроля качества КГК позволило значимо увеличить % целевых компрессий. Однако, % целевых компрессий не достигал максимальных значений, что может

свидетельствовать о необходимости проведения курса обучения. При этом показатели компрессий не зависели от отделения, в котором работает сотрудник, и занимаемой должности (врач, медицинская сестра).

of target compressions in this category was significantly higher, which may indicate a partial retention of the skill due to work experience. However, this conclusion requires additional research.

After using the CCQC sensor, the percentage of the target compressions increased significantly. This is most likely due to the fact that feedback was properly organized (audiovisual prompts of the device were switched on) which is one of the prerequisites for the efficacious performance [15–18]. When performing chest compressions with the use of the CCQC sensor, the study participants could see the key parameters such as rate and depth of compressions and adjust their actions. However, the use of the QC sensor alone did not result in the highest possible percentage of target compressions because it depends not only on depth and rate but also on recoil and the correct body and hand position when performing chest compressions. Thus, in addition to the use of a CCQC sensor, further improvement of the skills requires training with control of correct compression by an instructor.

The study also found that the percentage of target compressions was independent of the department where the staff member worked and the position held (doctor or nurse).

## Conclusion

The use of the quality control sensor for chest compressions resulted in a significant increase in percentage of target compressions. However, the percentage of target compressions did not reach the maximum values, which may indicate the need for a training course. The compression performance was independent of the department where the staff member worked and the position held (physician or nurse).

свидетельствовать о необходимости проведения курса обучения. При этом показатели компрессий не зависели от отделения, в котором работает сотрудник, и занимаемой должности (врач, медицинская сестра).

## Литература

1. Andersen L.W., Holmberg M.J., Berg K.M., Donnino M.W., Granfeldt A. In-Hospital Cardiac Arrest: A Review. *JAMA*. 2019; 321 (12): 1200–1210. DOI: 10.1001/jama.2019.1696
2. Nassar B.S., Kerber R. Improving CPR Performance. *Chest*. 2017; 152 (5): 1061–1069. DOI: 10.1016/j.chest.2017.04.178
3. Rohlin O., Taeri T., Netzereab S., Ullemark E., Djärv T. Duration of CPR and impact on 30-day survival after ROSC for in-hospital cardiac arrest-A Swedish cohort study. *Resuscitation*. 2018; 132: 1–5. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2018.08.017
4. Pessach I.M., Paret G. Pediatric In-Hospital Cardiac Arrest-Can We Do Better? *Pediatr Crit Care Med*. 2019; 20 (3): 293–294. DOI: 10.1097/PCC.0000000000001856
5. Panchal A.R., Berg K.M., Hirsch K.G., Kudenchuk P.J., Del Rios M., Cabañas J.G., Link M.S., Kurz M.C., Chan P.S., Morley P.T., Hazinski M.F., Donnino M.W. 2019 American Heart Association Focused Update on Advanced Cardiovascular Life Support: Use of Advanced Airways, Vasopressors, and Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation During Cardiac Arrest: An Update to the American Heart

## References

1. Andersen L.W., Holmberg M.J., Berg K.M., Donnino M.W., Granfeldt A. In-Hospital Cardiac Arrest: A Review. *JAMA*. 2019; 321 (12): 1200–1210. DOI: 10.1001/jama.2019.1696
2. Nassar B.S., Kerber R. Improving CPR Performance. *Chest*. 2017; 152 (5): 1061–1069. DOI: 10.1016/j.chest.2017.04.178
3. Rohlin O., Taeri T., Netzereab S., Ullemark E., Djärv T. Duration of CPR and impact on 30-day survival after ROSC for in-hospital cardiac arrest-A Swedish cohort study. *Resuscitation*. 2018; 132: 1–5. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2018.08.017
4. Pessach I.M., Paret G. Pediatric In-Hospital Cardiac Arrest-Can We Do Better? *Pediatr Crit Care Med*. 2019; 20 (3): 293–294. DOI: 10.1097/PCC.0000000000001856
5. Panchal A.R., Berg K.M., Hirsch K.G., Kudenchuk P.J., Del Rios M., Cabañas J.G., Link M.S., Kurz M.C., Chan P.S., Morley P.T., Hazinski M.F., Donnino M.W. 2019 American Heart Association Focused Update on Advanced Cardiovascular Life Support: Use of Advanced Airways, Vasopressors, and Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation During Cardiac Arrest: An Update to the American Heart

- Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2019; 140 (24): 881–894. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000732
6. Myat A., Song K.J., Rea T. Out-of-hospital cardiac arrest: current concepts. *Lancet*. 2018; 391 (10124): 970–979. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)30472-0
  7. Duval S, Pepe P.E., Aufderheide T.P., Goodloe J.M., Debaty G., Labarère J., Sugiyama A., Yannopoulos D. Optimal Combination of Compression Rate and Depth During Cardiopulmonary Resuscitation for Functionally Favorable Survival. *JAMA Cardiol*. 2019; 4 (9): 900–908. DOI: 10.1001/jamacardio.2019.2717
  8. Yannopoulos D., McKnite S., Aufderheide T.P., Sigurdsson G., Pirrallo R.G., Benditt D., Lurie K.G. Effects of incomplete chest wall decompression during cardiopulmonary resuscitation on coronary and cerebral perfusion pressures in a porcine model of cardiac arrest. *Resuscitation*. 2005; 64 (3): 363–372. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2004.10.009
  9. Oermann M.H., Krusmark M.A., Kardong-Edgren S., Jastrzembki T.S., Gluck K.A. Training interval in cardiopulmonary resuscitation. *PLoS One*. 2020; 15 (1): e0226786. DOI: 10.1371/journal.pone.0226786
  10. 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
  11. Brown L.L., Lin Y., Tofil N.M., Overly F., Duff J.P., Bhanji F., Nadkarni V.M., Hunt E.A., Bragg A., Kessler D., Bank I., Cheng A. International Network for Simulation-based Pediatric Innovation, Research, Education CPR Investigators (INSPIRE). Impact of a CPR feedback device on healthcare provider workload during simulated cardiac arrest. *Resuscitation*. 2018; 130: 111–117. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2018.06.035
  12. Monsieurs K.G., Nolan J.P., Bossaert L.L., Greif R., Maconochie I.K., Nikolaou N.I., Perkins G.D., Soar J., Truhlar A., Wyllie J., Zideman D.A. ERC Guidelines 2015 Writing Group. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 1. Executive summary. *Resuscitation*. 2015; 95: 1–80. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2015.07.038
  13. Кузовлев А.Н., Абдусаламов С.Н., Линчак Р.М. Реанимационные мероприятия в стационаре — проблема качества. *Медицинский алфавит*. 2017; 2, 17 (314): 35–39.
  14. Castillo J., Gallart A., Rodríguez E., Castillo J., Gomar C. Basic life support and external defibrillation competences after instruction and at 6 months comparing face-to-face and blended training. Randomised trial. *Nurse Educ Today*. 2018; 65: 232–238. DOI: 10.1016/j.nedt.2018.03.008
  15. Lin Y., Cheng A., Grant V.J., Currie G.R., Hecker K.G. Improving CPR quality with distributed practice and real-time feedback in pediatric healthcare providers — A randomized controlled trial. *Resuscitation*. 2018; 130: 6–12. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2018.06.025
  16. Liu Y., Huang Z., Li H., Zheng G., Ling Q., Tang W., Yang Z. CPR feedback/prompt device improves the quality of hands-only CPR performed in manikin by laypersons following the 2015 AHA guidelines. *Am J Emerg Med*. 2018; 36 (11): 1980–1985. DOI: 10.1016/j.ajem.2018.02.034
  17. Wagner M., Bibl K., Hrdliczka E., Steinbauer P., Stiller M., Gröpel P., Goeral K., Salzer-Muhar U., Berger A., Schmölzer G.M., Olischar M. Effects of Feedback on Chest Compression Quality: A Randomized Simulation Study. *Pediatrics*. 2019; 143 (2): e20182441. DOI: 10.1542/peds.2018-2441
  18. Pritchard J., Roberge J., Bacani J., Welsford M., Mondoux S. Implementation of Chest Compression Feedback Technology to Improve the Quality of Cardiopulmonary Resuscitation in the Emergency Department: A Quality Initiative Test-of-change Study. *Cureus*. 2019 29; 11 (8): e5523. DOI: 10.7759/cureus.5523
- Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2019; 140 (24): 881–894. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000732
6. Myat A., Song K.J., Rea T. Out-of-hospital cardiac arrest: current concepts. *Lancet*. 2018; 391 (10124): 970–979. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)30472-0
  7. Duval S, Pepe P.E., Aufderheide T.P., Goodloe J.M., Debaty G., Labarère J., Sugiyama A., Yannopoulos D. Optimal Combination of Compression Rate and Depth During Cardiopulmonary Resuscitation for Functionally Favorable Survival. *JAMA Cardiol*. 2019; 4 (9): 900–908. DOI: 10.1001/jamacardio.2019.2717
  8. Yannopoulos D., McKnite S., Aufderheide T.P., Sigurdsson G., Pirrallo R.G., Benditt D., Lurie K.G. Effects of incomplete chest wall decompression during cardiopulmonary resuscitation on coronary and cerebral perfusion pressures in a porcine model of cardiac arrest. *Resuscitation*. 2005; 64 (3): 363–72. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2004.10.009
  9. Oermann M.H., Krusmark M.A., Kardong-Edgren S., Jastrzembki T.S., Gluck K.A. Training interval in cardiopulmonary resuscitation. *PLoS One*. 2020; 15 (1): e0226786. DOI: 10.1371/journal.pone.0226786
  10. 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
  11. Brown L.L., Lin Y., Tofil N.M., Overly F., Duff J.P., Bhanji F., Nadkarni V.M., Hunt E.A., Bragg A., Kessler D., Bank I., Cheng A. International Network for Simulation-based Pediatric Innovation, Research, Education CPR Investigators (INSPIRE). Impact of a CPR feedback device on healthcare provider workload during simulated cardiac arrest. *Resuscitation*. 2018; 130: 111–117. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2018.06.035
  12. Monsieurs K.G., Nolan J.P., Bossaert L.L., Greif R., Maconochie I.K., Nikolaou N.I., Perkins G.D., Soar J., Truhlar A., Wyllie J., Zideman D.A. ERC Guidelines 2015 Writing Group. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 1. Executive summary. *Resuscitation*. 2015; 95: 1–80. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2015.07.038
  13. Kuzovlev A.N., Abdusalamov S.N., Linchak R.M. Resuscitation measures in a hospital — a quality problem. *Meditinskiy alfavit*. 2017; 2, 17 (314): 35–39 [In Russ.].
  14. Castillo J., Gallart A., Rodríguez E., Castillo J., Gomar C. Basic life support and external defibrillation competences after instruction and at 6 months comparing face-to-face and blended training. Randomised trial. *Nurse Educ Today*. 2018; 65: 232–238. DOI: 10.1016/j.nedt.2018.03.008
  15. Lin Y., Cheng A., Grant V.J., Currie G.R., Hecker K.G. Improving CPR quality with distributed practice and real-time feedback in pediatric healthcare providers — A randomized controlled trial. *Resuscitation*. 2018; 130: 6–12. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2018.06.025
  16. Liu Y., Huang Z., Li H., Zheng G., Ling Q., Tang W., Yang Z. CPR feedback/prompt device improves the quality of hands-only CPR performed in manikin by laypersons following the 2015 AHA guidelines. *Am J Emerg Med*. 2018; 36 (11): 1980–1985. DOI: 10.1016/j.ajem.2018.02.034
  17. Wagner M., Bibl K., Hrdliczka E., Steinbauer P., Stiller M., Gröpel P., Goeral K., Salzer-Muhar U., Berger A., Schmölzer G.M., Olischar M. Effects of Feedback on Chest Compression Quality: A Randomized Simulation Study. *Pediatrics*. 2019; 143 (2): e20182441. DOI: 10.1542/peds.2018-2441
  18. Pritchard J., Roberge J., Bacani J., Welsford M., Mondoux S. Implementation of Chest Compression Feedback Technology to Improve the Quality of Cardiopulmonary Resuscitation in the Emergency Department: A Quality Initiative Test-of-change Study. *Cureus*. 2019 29; 11 (8): e5523. DOI: 10.7759/cureus.5523

Поступила 10.09.20

Received 10.09.20