

Students' opinions at the Fire University on the use of virtual reality technology in learning qualified first aid procedures

Opinia studentów Akademii Pożarniczej na temat wykorzystania technologii Virtual Reality w nauce procedur kwalifikowanej pierwszej pomocy

Łukasz Dudziński^{1,A-L} , Tomasz Kubiak^{2,B,D-E,I} , Klaudia Madej-Węgieć^{3,B,F} ,
Łukasz Czyżewski^{4,A,G,I} 

¹Department of Medical Rescue, Medical University of Warsaw, Poland

²Department of Health Sciences, Poznan Medical Academy of Applied Sciences Mieszko I, Poznan, Poland

³Department of Internal Security, Fire University, Warsaw, Poland

⁴Department of Geriatric Nursing, Medical University of Warsaw, Poland

CORRESPONDING AUTHOR/AUTOR DO KORESPONDENCJI:

Łukasz Dudziński

Department of Medical Rescue, Medical University of Warsaw, Poland

Żwirki i Wigury Str. 61,, 02-091, Warsaw, Polska

e-mail: lukasz_dudzinski@o2.pl

A – Development of the concept and methodology of the study/Opracowanie koncepcji i metodologii badań; B – Query - a review and analysis of the literature/Kwerenda – przegląd i analiza literatury przedmiotu; C – Submission of the application to the appropriate Bioethics Committee/Złożenie wniosku do właściwej Komisji Biotycznej; D – Collection of research material/Gromadzenie materiału badawczego; E – Analysis of the research material/Analiza materiału badawczego; F – Preparation of draft version of manuscript/Przygotowanie roboczej wersji artykułu; G – Critical analysis of manuscript draft version/Analiza krytyczna roboczej wersji artykułu; H – Statistical analysis of the research material/Analiza statystyczna materiału badawczego; I – Interpretation of the performed statistical analysis/Interpretacja dokonanej analizy statystycznej; K – Technical preparation of manuscript in accordance with the journal regulations/Opracowanie techniczne artykułu zgodne z regulaminem czasopisma; L – Supervision of the research and preparation of the manuscript/Nadzór nad przebiegiem badań i przygotowaniem artykułu

STRESZCZENIE

OPINIA STUDENTÓW AKADEMII POŻARNICZEJ NA TEMAT WYKORZYSTANIA TECHNOLOGII VIRTUAL REALITY W NAUCE PROCEDUR KWALIFIKOWANEJ PIERWSZEJ POMOCY

Cel pracy. Celem badania była ocena opinii studentów Akademii Pożarniczej w Warszawie na temat wykorzystania technologii wirtualnej rzeczywistości (VR) w nauce procedur Kwalifikowanej Pierwszej Pomocy (KPP), ze szczególnym uwzględnieniem efektywności szkolenia i komfortu pracy w środowisku VR.

Materiał i metody. W dniach 26-31 października 2024 r. przeprowadzono przekrojowe badanie obserwacyjne z wykorzystaniem ankiety online. W badaniu wzięło udział 132 osoby. Autorska ankieta składała się z pytań demograficznych oraz pytań oceniających doświadczenia uczestników ze szkoleniami opartymi na VR, z wykorzystaniem pięciostopniowej skali Likerta.

Wyniki. Wszyscy respondenci wysoko ocenili przydatność VR w nauce KPP (mediana +2), a także jakość symulacji i presję czasu podczas realizacji scenariuszy. Większość uczestników nie zgłosiła znaczącego dyskomfortu wzrokowego ani problemów z równowagą, a obciążenie fizyczne uznano za minimalne. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy grupami ze względu na płeć, wiek ani rodzaj programu studiów ($p > 0,05$).

Wnioski. VR jest wysoko ceniona przez studentów. Ćwiczenia z wykorzystaniem VR są dobrze tolerowane pod względem komfortu fizycznego i wizualnego, a brak istotnych różnic między grupami uczestników potwierdza uniwersalność tej metody szkoleniowej. Wyniki te wspierają szersze wdrażanie technologii VR do programów edukacyjnych ratownictwa medycznego.

Słowa kluczowe:

Virtual Reality, VR, kwalifikowana pierwsza pomoc, KPP, ratownictwo medyczne

ABSTRACT

STUDENTS' OPINIONS AT THE FIRE UNIVERSITY ON THE USE OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY IN LEARNING QUALIFIED FIRST AID PROCEDURES

Aim. The aim of this study was to evaluate the opinions of students at the Fire University in Warsaw regarding the use of Virtual Reality (VR) technology in learning Qualified First Aid procedures, with particular emphasis on training effectiveness and comfort of working in the VR environment.

Material and methods. A cross-sectional observational study was conducted using an online questionnaire between 26-31 October 2024. A total of 132 participants were included. The proprietary questionnaire consisted of demographic questions and items assessing participants' experiences with VR-based training, using a five-point Likert scale.

Results. All respondents rated the usefulness of VR in learning QFA highly (median +2), as well as the quality of simulations and the time-pressure effect during scenario execution. Most participants reported no significant visual discomfort or balance problems, and the physical strain was considered minimal. No statistically significant differences were found between groups based on sex, age or type of study program ($p > 0.05$).

Conclusions. VR technology is highly valued by students. VR-based exercises are well tolerated in terms of physical and visual comfort, and the absence of significant differences between participant groups confirms the universal applicability of this training method. These results support the broader implementation of VR technology into emergency medical education programs.

Key words:

Virtual Reality, VR, Qualified First Aid, QFA, Emergency Medical Services

INTRODUCTION

The service system for Polish firefighters operates in two principal modes: a 24-hour shift system and a standard 8-hour workday system. In addition, the fire service includes fire academies with uniformed staff and cadet students. Across all service systems, firefighters' workplaces are provided with appropriate conditions in line with regulations governing the location and characteristics of work areas—i.e., rooms and quarters where firefighters are stationed. However, once an intervention (firefighting and rescue operations) is undertaken, conditions can rapidly deteriorate and become hazardous, including exposure to fires, road, rail and aviation accidents, operations in aquatic environments and at height; and natural, industrial, or structural disasters [1,2].

Firefighting entails contact with people in danger, exposure to traumatic events and work under time pressure, resulting in both psychological and physical burdens. Accordingly, firefighters are trained to perform medical rescue procedures at the level of Qualified First Aid (QFA) [3,4].

Firefighters constitute the principal formation cooperating with the National Emergency Medical System (NEMS). They respond to medical-rescue incidents, possess the appropriate qualifications and training, as well as the necessary equipment. In many events they arrive first at the scene and commence actions before NEMS units. Such interventions are referred to as Isolated Emergency Medical Incidents (IEMI). The time to initiation of actions in life-threatening and health-threatening situations is critical and may improve the casualty's prognosis before the implementation of advanced medical rescue procedures by Emergency Medical Teams (EMT) and subsequent in-hospital care [5,6].

Medical simulation for the education of medical students and emergency service personnel are increasingly widespread, accessible and refined as a didactic method. Virtual Reality (VR) systems are now used across medical school curricula and in specialist courses for practising healthcare professionals, and the method has also been incorporated into programmes for uniformed services [7].

The VR stations available within the State Fire Service (SFS) are technologically advanced modules that enable simulation of diverse fire scenarios and technical or chemical hazards. These scenarios support training in rescue behaviours and procedures in immersive virtual environments, providing an innovative educational and training tool for firefighters. VR-based training permits realistic reconstruction of fires, accidents, disasters and crisis situations, and allows procedural practice. It is a novel method for exercising responses across different roles, from operators of specialist equipment to incident commanders (decision-making and tactics). The controlled

virtual environment supports both individual and team sessions (shared decision-making and coordination of activities) [8].

Practising scenarios in VR offers a safe method for learning and skills enhancement: it eliminates physical risk to trainees, permits mistakes and their analysis (debriefing) without health consequences for personnel or casualties, enables decision-making under time pressure without real danger, and allows unlimited repetition of identical exercises. At the Fire University, VR simulation supports refinement of QFA procedures, including techniques for managing bodily injuries (QFA wound-care procedures), life-saving medical actions: cardiopulmonary resuscitation (CPR), automated external defibrillation (AED), airway management, foundations of emergency medicine (trauma assessment, medical triage) and principles of tactical medicine (life-threatening injuries, polytrauma). This approach makes learning more effective and better aligned with the realities of rescue work [9-11].

To date, research on VR in medical education has focused primarily on medical students and healthcare personnel. Data are lacking for uniformed services, including students of Polish fire service schools who, will be responsible for QFA-level interventions upon entering service. In particular, there is little information on the perceived effectiveness and learning comfort in VR within this group. This gap limits the assessment of VR's effectiveness in firefighter training and the planning of its further development within the education system of the rescue services. Evaluating students' views is therefore crucial, as it may support improvement of training programmes in the emergency services. The results will help identify the strengths and limitations of VR technology in educating future medical staff.

AIM

The aim of this study was to collect the opinions of students at the Fire University in Warsaw regarding the use of VR technology in learning QFA procedures. Two key aspects were analyzed: the effectiveness of learning and the comfort of working within the VR environment during practical training exercises.

MATERIALS AND METHODS

Research design

A cross-sectional observational study was conducted using a diagnostic survey method with an online questionnaire between 26 October 2024 and 31 October 2024. The study included 132 participants: 127 students of the Fire University in Warsaw and 5 members of the academy staff as a control group. The research tool was a proprietary questionnaire consisting of nine questions, covering both

demographic information and participants' experiences with using VR for learning QFA procedures. The survey was made available to respondents online via the Academy's internal VR system software immediately after completion of the VR scenario to minimize recall bias.

The study was based on a proprietary questionnaire. To examine the relationships between participants' characteristics and the practical part of the study, a demographic section was included with three categorical variables: gender, age, and type of study program (uniformed or civilian). The remaining six questions focused on the participants' experience with VR-based training.

The questionnaire comprised:

- single-choice questions for demographic variables,
- open-ended questions on specific demographic data,
- and questions based on a five-point Likert scale, where -2 indicated "strongly disagree," -1 "disagree," 0 "neutral," +1 "agree," and +2 "strongly agree."

Inclusion criteria:

- full completion of the entire VR training scenario using advanced VR goggles, controllers, and motion-tracking system,
- status as a student or member of the University staff,
- informed consent and voluntary participation.

Exclusion criteria:

- incomplete survey responses,
- interruption of the VR scenario before completion.

Statistical analysis

The calculation of the minimum sample size was performed for a population of $N = 1,800$ (the maximum number of students at the university during the survey period), a 95% confidence level ($Z = 1.96$), $p = 0.5$, and a margin of error of $e = 12\%$; the required value was $n = 65$. With 127 questionnaires collected from students (excluding 5 questionnaires from faculty), the estimated maximum error is 8.4% [12].

A significance level of $\alpha = 0.05$ was applied. Where statistically significant differences were observed ($p < 0.05$), coefficients of association for qualitative variables (Phi or Cramer's V, depending on the number of variable categories) were calculated. Comparisons between groups were performed using the non-parametric Kruskal-Wallis test because the data were ordinal in nature. Descriptive statistics and statistical tests were performed using Statistica 13.3 (TIBCO Software Inc.).

Ethical considerations

The questionnaire was fully anonymous, and participation was voluntary, as communicated to all respondents. In June 2024, approval was obtained from the Rector-Commandant of the Fire University in Warsaw to conduct the survey among students in connection with the planned VR training exercise. Given the simple structure of the questionnaire, the limited number of questions, the short completion time, the low risk of misunderstanding, and the requirement for immediate completion after

the VR scenario, a pilot test was deemed unnecessary. Each participant received a brief explanation of how to complete the questionnaire, including the interpretation of the Likert scale values (-2, -1, 0, +1, +2). The project also received formal approval from the Academy's Ethics Committee (Decision No. 3/2024, dated 9 October 2024).

The study population included:

- Cadet students (uniformed): preparing for firefighting duties, including QFA procedures, as part of their training and future responsibilities.
- Civilian students of Emergency Medical Services: preparing for professional roles in emergency medicine, with QFA representing a required but basic training component during their three-year curriculum. This program was launched at the Academy in 2023.
- University staff (instructors): responsible for VR training delivery. They also completed the scenario and the questionnaire to provide their opinions on this novel training method.

Virtual reality scenario

Participants used a virtual medical simulator with VR goggles, controllers and a 3D simulation environment. The scenario required each participant to assume the role of a first responder providing Basic Life Support (BLS) with AED to an adult female, who was found lying unresponsive with no signs of circulation. The participant's tasks included assessing the casualty's responsiveness and breathing, calling for help, dialing the emergency number (112), activating and using the AED, and performing CPR appropriate for an adult patient. Throughout the scenario, participants received voice instructions from a female narrator at predefined points. The entire VR scenario lasted eight minutes, with identical timing for all participants across all stages.

RESULTS

A total of 132 respondents met all inclusion criteria and completed the entire questionnaire. No incomplete responses were recorded. Among participants, 112 were male (84.8%) and 20 were female (15.2%).

Participant characteristics and results of the VR training evaluation are presented in Table 1. Analysis showed that all respondents rated the usefulness of VR in learning QFA procedures, the quality of the simulation, and the time-pressure effect during task execution very highly. The median score for these questions across all groups was +2 on the five-point Likert scale (-2 to +2), corresponding to "strongly agree."

Regarding physical comfort, most participants reported no discomfort related to vision or balance. Negative median values (-2) reflected the response "strongly disagree," indicating the absence of negative physical sensations. The VR scenario was also not perceived as physically demanding.

No statistically significant differences ($p > 0.05$) were found between groups for any of the analyzed questions, indicating that the evaluation of VR training was consistent across uniformed firefighters, cadet students, and civilian students.

Students' opinions at the Fire University on the use of virtual reality technology in learning qualified first aid procedures

■ Tab. 1. Evaluation of VR training in learning QFA procedures across participant groups

	Firefighters, N=5, (IQR)	Cadet Students, N=77 (IQR)	Civilian Students, N=50 (IQR)	Total, N=132 (IQR)	P
Is VR helpful in learning QFA procedures?	2 (1-2)	2(2-2)	2(2-2)	2(2-2)	0.466
Does VR simulation provide sufficient quality for training purposes?	2 (1-2)	2 (1-2)	2 (1-2)	2 (1-2)	0.948
Is precise time measurement and the time-pressure effect helpful in learning procedures?	2(2-2)	2(2-2)	2(2-2)	2(2-2)	0.779
Did you experience any visual discomfort while using VR?	-2(-2- -2)	-2(-2- 1)	2(-2- 1)	2(-2- 1)	0.131
Did you experience any balance disturbances while using VR?	-2(-2- -2)	-2(-2- -2)	-2(-2- -2)	-2(-2- -2)	0.752
Was performing QFA procedures in VR physically demanding (e.g., effort, fatigue)?	-2(-2- -2)	-2(-2- -1)	-2(-2- -1)	-2(-2- -1)	0.141

Abbreviations: QFA- Qualified First Aid , VR- virtual reality, IQR-Interquartile range

■ Tab. 2. Comparative analysis by sex and evaluation of VR use (median, IQR)

	Female, N=20 (IQR)	Male, N=112 (IQR)	P
Is VR helpful in learning QFA procedures?	2 (2-2)	2(2-2)	0.842
Does VR simulation provide sufficient quality for training purposes?	2 (2-2)	2 (1-2)	0.381
Is precise time measurement and the time-pressure effect helpful in learning procedures?	2 (1,5-2)	2 (2-2)	0.717
Did you experience any visual discomfort while using VR?	-1,5 (-2- 1)	-2 (-2- 0)	0.493
Did you experience any balance disturbances while using VR?	-2 (-2- -2)	-2 (-2- -2)	0.944
Was performing QFA procedures in VR physically demanding (e.g., effort, fatigue)?	-1,5 (-2- 1)	-2 (-2- -1)	0.424

Abbreviations: QFA- Qualified First Aid , VR- virtual reality, IQR-Interquartile range

■ Tab. 3. Comparative analysis by age and evaluation of VR use (median, IQR)

	Age ≤19, N=56 (IQR)	Age >20, N=76 (IQR)	P
Is VR helpful in learning QFA procedures?	2 (2-2)	2(2-2)	0.981
Does VR simulation provide sufficient quality for training purposes?	2 (1-2)	2 (1-2)	0.452
Is precise time measurement and the time-pressure effect helpful in learning procedures?	2 (2-2)	2 (2-2)	0.809
Did you experience any visual discomfort while using VR?	-1 (-2- 1)	-2 (-2- 0)	0.204
Did you experience any balance disturbances while using VR?	-2 (-2- -2)	-2 (-2- -1,5)	0.419
Was performing QFA procedures in VR physically demanding (e.g., effort, fatigue)?	-1,5 (-2- -1)	-2 (-2- -1)	0.496

Abbreviations: QFA- Qualified First Aid , VR- virtual reality, IQR-Interquartile range

Analysis presented in Table 2 showed that both female and male participants rated the usefulness of VR in learning QFA procedures, the quality of the simulation, and the time-pressure effect very highly. Median responses for these items in both groups were +2, corresponding to "strongly agree" on the Likert scale.

No significant differences between males and females were found regarding physical comfort. Most respondents reported no visual discomfort or balance disturbances, and the VR scenarios were not perceived as physically demanding. For none of the analyzed questions were statistically significant differences observed ($p > 0.05$), indicating a similar evaluation of VR use in both groups.

Analysis of the results presented in Table 3 showed that both participants aged ≤19 years and those >20 years rated the usefulness of VR in learning QFA procedures, the quality of the simulation, and the time-pressure effect very highly. In both groups, the median responses for these items were +2, corresponding to "strongly agree" on the Likert scale.

No significant differences were found between age groups regarding physical comfort. Both younger and older participants rarely reported visual discomfort or balance disturbances, and the VR scenarios were not perceived as physically demanding. For none of the analyzed questions were statistically significant differences observed ($p > 0.05$), indicating that age did not influence the evaluation of VR use in the QFA learning process.

DISCUSSION

VR technology is widely recognized as safe. Short scenarios lasting only a few minutes are considered entirely safe for participants' vision. The level of visual exposure is comparable to that from a television screen, where eye strain typically develops only after many hours of continuous use without breaks. VR systems also do not cause neurological disturbances, such as dizziness or nausea, in healthy individuals. In our study, all participants were healthy adults aged 20–45 years, with firefighters undergoing annual medical examinations, including assessments by ophthalmologists, otolaryngologists and neurologists [13].

From a technical perspective, the VR simulator serves as a modern and innovative tool for practical training, supporting the objectives defined in funding proposals for a wide range of educational scenarios designed by instructors. The configuration, editing, and distribution of scenarios, as well as monitoring of students' progress and analyzing results, are all integrated within a single instructor software platform. Standardized equipment eliminates the need for training on multiple hardware systems, ensuring training efficiency and real-time monitoring of outcomes [14,15]. In our study, none of the participants reported significant discomfort related to vision or balance, confirming the safety of short VR sessions in medical education. However, the evaluation of practical skills was not an objective of this study.

VR technology has long been used in training of uniformed services, including military personnel and astronauts, allowing for the safe simulation of crisis scenarios

under conditions closely resembling real-life situations. In order to minimize mission failure risk, both soldiers and astronauts undergo repeated training across multiple domains, with medical training being among the most essential. Soldiers are required to complete successive medical courses, such as QFA, Combat Life Saver, Tactical Combat Casualty Care, and other specialized programs tailored to military operations [16]. Our study focused on medical rescue training.

In a study by Grabowski, 67 cadets and seven active firefighters participated in comparing two realistic VR training systems for firefighting in enclosed spaces [17]. VR training simulators must reflect the operational realities faced by firefighters. Software manufacturers now offer a wide range of specialized scenarios addressing the multi-dimensional nature of firefighting tasks.

Similarly, Berthiaume et al. evaluated VR tools for hazardous material transport scenarios dedicated to firefighters. VR offers a promising solution, providing a safe, cost-effective, and realistic training environment that would be difficult to reproduce in real life. As in our study, Berthiaume's work assessed both the utility and effectiveness of VR, as well as occupational demands, including potential side effects such as cybersickness [18].

A 2021 narrative review on VR in emergency response training emphasized its potential for firefighter education, focusing on human factors, learning outcomes, simulation quality, and user feedback. The review highlighted the limited number of studies but indicated promising results, especially in search-and-rescue scenarios [19].

Calandra et al. underscored VR's safety in simulating high-risk firefighting activities, particularly for real-time wildfire training, supplementing traditional video-based instruction with immersive simulations. Although our study did not include fire scenarios, using VR for casualty management in QFA training offers similar advantages in safety and realism [20].

Koutitas emphasized the importance of muscle memory in medical personnel training, noting a 46% improvement in accuracy and a 29% increase in task speed after VR-based exercises. While our study did not evaluate performance outcomes, the VR scenario design required participants to engage and reinforce muscle memory during training [21].

Other studies have consistently confirmed the effectiveness, efficiency, and safety of VR as a training tool for emergency service personnel, including firefighters. Reported advantages include filling technical gaps in traditional training methods, expanding educational opportunities in public safety, enhancing decision-making processes, improving the ability to operate under time pressure, and supporting spatial orientation and situational awareness development [22-26]. Many of these reported benefits were also observed in our study.

Markiewicz and Niedzielski highlighted the economic aspect of VR, describing this technology as a frugal innovation in the training of personnel from different professional groups, which may contribute to increasing the competitiveness of companies [27]. This view is supported by the analysis by Mao et al., who described VR as a relatively

low-cost and realistic training tool that may be particularly useful in settings with limited time and financial resources [28].

Pottle presented examples of the use of VR in the training of healthcare professionals. Liu et al. found that VR has considerable potential to transform nursing education by providing immersive and interactive learning experiences [29,30]. Similar conclusions were presented by Szara and Klukow [31], who described the evolution of nursing education from traditional models towards technology-based methods of knowledge acquisition, with a growing emphasis on student-centred learning, teaching, and assessment.

Three further publications by Berman et al., Cook and Triola, and Posel et al. indicate that VR-related technologies, although often regarded as innovative, have been used in biomedical education for many years, particularly in the form of virtual patients and simulated scenarios for practising medical procedures and clinical reasoning [32-34].

Limitations of the study

The primary limitation of our study was the lack of participant knowledge and skill assessment, as our objective was limited to evaluating perceptions of usefulness, acceptance, and safety of VR training among fire academy students. Baseline (pre-training) and post-training comparisons of knowledge and skills were not conducted. Future studies should incorporate these assessments to better evaluate VR's educational impact and to integrate this technology with other training tools.

CONCLUSIONS

1. VR technology in teaching QFA procedures proved to be an effective and well-accepted educational tool among both uniformed and civilian students, supporting its broader implementation into emergency training curricula.
2. The absence of significant differences in VR evaluation across participant groups (age, sex, type of study program) confirms the universal applicability of this method, enabling the standardization of training processes and facilitating its adoption across diverse educational populations.
3. VR simulations allow for realistic reproduction of crisis situations and time-pressure conditions, fostering the development of competencies essential for rapid and effective decision-making during real-life emergency interventions.
4. The ability to analyze participants' progress and repeat VR scenarios provides a foundation for developing personalized skill-enhancement programs, tailored to individual training needs in first aid education.

Opinia studentów Akademii Pożarniczej na temat wykorzystania technologii Virtual Reality w nauce procedur kwalifikowanej pierwszej pomocy

WPROWADZENIE

System służby polskich strażaków funkcjonuje w dwóch głównych systemach: praca zmianowa (24-godzinna), oraz system codzienny (8-godzinny). Ponadto w służbie funkcjonują szkoły pożarnicze a w nich mundurowa kadra, oraz studenci w służbie kandydackiej. Wszystkie systemy służby strażaków mają zapewnione odpowiednie warunki pracy zgodnie z przepisami w zakresie lokalizacji stanowisk pracy tj. pomieszczeń przebywania strażaków. Jednak podjęcie interwencji (działań ratowniczo-gaśniczych) powoduje zmianę na niekorzystne warunki, w tym: pożary, wypadki drogowe, kolejowe i lotniczych, działania w obszarach wodnych, na wysokości, katastrofy naturalne przemysłowe i budowlane [1,2].

Zawód strażaka jest związany z kontaktem z ludźmi w stanie zagrożenia, z widokiem na zdarzenia traumatyczne, z działaniami pod presją czasu, co wiąże się z obciążeniami obszarze psychicznym i fizycznym, dlatego strażacy są przygotowani do realizacji procedur z zakresu ratownictwa medycznego na poziomie kwalifikowanej pierwszej pomocy (KPP) [3,4].

Strażacy są główną formacją współpracującą z systemem PRM. Interwenują do zdarzeń o charakterze ratownictwa medycznego, posiadają odpowiednie kwalifikacje (przeszkolenie), oraz wyposażeniem sprzętowe. W wielu zdarzeniach przybywają na miejsce zdarzenia jako pierwsi, rozpoczynają działania przed podmiotami PRM. Interwencje takie noszą nazwę Izolowane Zdarzenia Ratownictwa Medycznego (IZRM). Kryterium czasu podjęcia działań przy zagrożeniu zdrowia i życia ma duże znaczenie, co może poprawić rokowania poszkodowanego przed wdrożeniem medycznych czynności ratunkowych podmiotów medycznych: Zespół Ratownictwa Medycznego (ZRM), oraz dalszych procedur szpitalnych [5,6].

Symulacja medyczna wykorzystywana do nauki studentów kierunków medycznych, oraz szkoleń personelu służb ratunkowych jest coraz bardziej powszechną, dostępną i dopracowaną metodą dydaktyczną. System Virtual Reality (VR) wykorzystuje się na wielu kierunkach uczelni medycznych, oraz na kursach specjalistycznych osób pracujących w zawodzie medycznym. Metoda znalazła zastosowanie również w programie studiów służb mundurowych [7].

Stanowiska VR dostępne w Państwowej Straży Pożarnej (PSP) to zaawansowane technologicznie moduły, które pozwalają na symulację różnych sytuacji pożarowych, zagrożenia technicznego, chemicznego. Scenariusze pozwalają realizować trening zachowań i procedur ratowniczych w wirtualnej rzeczywistości. Stanowią one innowacyjne narzędzie edukacyjne i szkoleniowe dla strażaków. Zajęcia szkoleniowe w technologii VR pozwalają

na symulację realnych zagrożeń, umożliwiają realistyczne odwzorowanie pożarów, wypadków, katastrof, sytuacji kryzysowych, trening procedur ratowniczych. VR to nowatorska metoda ćwiczenia reakcji strażaków będących na różnych stanowiskach: operator specjalistycznego sprzętu, dowódca (wypracowanie decyzji, taktyki). Kontrolowane środowisko wirtualne to sesje indywidualne i grupowe (wspólne decyzje, koordynacja działań) [8].

Ćwiczenia przez strażaków scenariuszy w środowisku VR to bezpieczna metoda nauki i doskonalenia umiejętności, eliminacja fizycznego ryzyka dla uczestników szkoleń, możliwość popełniania błędów i ich analizy (omówienia) bez konsekwencji zdrowotnych dla personelu i poszkodowanych, podejmowanie decyzji pod presją czasu bez realnego zagrożenia, nieograniczona liczba powtórzeń tych samych ćwiczeń. Symulacja VR w Akademii Pożarniczej pozwala na doskonalenie procedur z zakresu Kwalifikowanej Pierwszej Pomocy (KPP), w tym techniki zabiegów medycznych (procedury KPP dotyczące opatrywania obrażeń ciała), medyczne czynności ratunkowe (RKO, AED, udrażnianie dróg oddechowych), podstawy medycyny ratunkowej (badanie urazowe, segregacja medyczna), podstawy medycyny taktycznej (urazy zagrażające życiu, mnogie urazy ciała). Dzięki temu proces nauki staje się bardziej efektywny i dostosowany do realiów pracy ratowników [9-11].

Dotychczasowe badania nad wykorzystaniem VR w edukacji medycznej koncentrują się głównie na studentach kierunków medycznych oraz personelu ochrony zdrowia. Brakuje natomiast danych dotyczących służb mundurowych, w tym studentów polskich szkół pożarniczych, którzy po rozpoczęciu służby będą realizować działania z zakresu KPP. Szczególnie niewiele informacji dotyczy oceny skuteczności i komfortu nauki w środowisku VR w tej grupie. Brak takich danych ogranicza możliwość oceny efektywności VR w szkoleniu strażaków i planowania jego dalszego rozwoju w systemie edukacji służb ratowniczych. Ocena opinii studentów w tym zakresie jest potrzebna, ponieważ może pomóc w doskonaleniu programów szkoleniowych w służbach ratowniczych. Wyniki badania pozwolą określić mocne i słabe strony technologii VR w kształceniu przyszłych kadr medycznych.

CEL PRACY

Celem badania było zebranie opinii studentów Akademii Pożarniczej w Warszawie na temat wykorzystania technologii wirtualnej rzeczywistości (VR) w nauce procedur kwalifikowanej pierwszej pomocy (KPP). Analizie poddano dwa kluczowe aspekty: skuteczność nauki oraz komfort pracy z wykorzystaniem środowiska VR podczas ćwiczeń praktycznych.

MATERIAŁ I METODY

Przeprowadzono przekrojowe badanie obserwacyjne (ang. cross-sectional survey) metodą sondażu diagnostycznego, techniką ankiety on-line w dniach 26.10.2024-31.10.2024 r. Badaniem objęto 132 osoby, w tym 127 studentów Akademii Pożarniczej, oraz 5 osób kadry szkoły jako grupę kontrolną. Narzędziem badawczym był autorski kwestionariusz ankiety zbudowany z 9 pytań obejmujących zarówno metryczkę, jak i pytania oceniające doświadczenia uczestników z wykorzystaniem VR w nauce KPP. Badanie ankietowe udostępniono respondentom on-line za pomocą oprogramowania wewnętrznego do obsługi systemu VR bezpośrednio po zakończeniu scenariusza VR, aby uniknąć zniekształcenia odpowiedzi przez upływ czasu.

Badanie oparte było o autorski kwestionariusz ankiety. W celu określenia zależności pomiędzy cechami charakteryzującymi badaną grupę a częścią praktyczną badania zastosowano metryczkę, w tym 3 zmienne kategoryzujących respondentów: płeć, wiek, rodzaj studiów w których uczestniczy (mundurowe, lub cywilne). Pozostałe pytania obejmowały 6 pytań związanych z ćwiczeniem na stanowisku VR.

Kwestionariusz ankiety zbudowany został z pytań:

- z możliwością zaznaczenia jednej odpowiedzi-metryczka
- z możliwością wpisania konkretnej wartości-metryczka
- opartych o 5-stopniową skalę Likerta (-2 oznaczało „zdecydowanie nie”, -1 „nie”, 0 „trudno powiedzieć”, +1 „tak” oraz +2 „zdecydowanie tak”)- pytania związane z praktycznym ćwiczeniem w środowisku VR.

Kryteria włączenia do badania:

- aktywne zrealizowanie całego scenariusza przewidzianego w badaniu na stanowisku VR z wykorzystaniem zaawansowanych gogle VR, kontrolerów, systemu śledzenia ruchu
- student lub kadra szkoły
- świadoma zgoda i dobrowolność udziału w badaniu.

Kryteria wyłączenia:

- brak pełnego wypełnienia ankiety
- przerwanie scenariusza przed jego zakończeniem.

Analiza statystyczna

Kalkulację minimalnej liczebności próby wykonano dla populacji $N = 1800$ (max studentów uczelni w okresie realizacji badania), poziomu ufności 95% ($Z = 1,96$), $p = 0,5$ i dopuszczalnego błędu $e = 12\%$; wartość wymagana wyniosła $n = 65$. Przy 127 ankietach zebranych od studentów (z wyłączeniem 5 ankiet kadry), szacowany błąd maksymalny wynosi $= 8,4\%$ [12].

Zastosowano poziom prawdopodobieństwa testowego $\alpha = 0,05$. W przypadku stwierdzenia różnic istotnych statystycznie ($p < 0,05$) oznaczono również współczynniki korelacji zmiennych jakościowych F_i lub V Cramera (w zależności od liczby poziomów badanych cech). Do porównań

między grupami zastosowano test nieparametryczny Kruskala-Wallisa, ponieważ analizowane dane miały charakter porządkowy.

Wyniki przedstawiono jako medianę (Me) oraz zakres międzykwartylowy, obejmujący kwartył dolny i górny ($Q1-Q3$). W przypadku porównań dwóch grup, w tym analiz według płci i wieku, zastosowano nieparametryczny test U Manna-Whitneya. Wszystkie zastosowane testy statystyczne miały charakter dwustronny. Statystyki opisowe, jak i testy statystyczne wykonano za pomocą programu Statistica 13.3 (TIBCO Software Inc.).

Kwestie etyczne

Ankiety sporządzono jako narzędzie w pełni anonimowe, udział w ankiecie był dobrowolny, o czym respondentom zostało poinformowane. W czerwcu 2024 r. uzyskano zgodę Rektora-Komendanta Akademii Pożarniczej na przeprowadzenie badania ankietowego w populacji studentów w związku z planowanym ćwiczeniem studentów na stanowiskach VR. Ze względu na prostą budowę narzędzia ankietowego, niewielką liczbę pytań, krótki czas wypełnienia, brak ryzyka niezrozumienia, oraz główny warunek- wypełnienie ankiety bezpośrednio po scenariuszu w środowisku VR odstąpiono od wcześniejszego pilotażowego wypełnienia ankiety przez próbną populację. Dodatkowo każdy uczestnik przeszedł krótki instruktaż wypełnienia ankiety, oraz omówione zostały kryteria skali Likerta: -2, -1, 0, +1, +2. Na potrzeby realizacji projektu uzyskano pozytywną opinię komisji ds. etyki badań Akademii Pożarniczej – decyzja nr 3/2024 z dnia 9.10.2024 r.

Populacja badana:

- podchorążowie- studenci mundurowi, którzy mają w programie szkolenia i późniejszych obowiązkach strażaka realizację procedur KPP
- studenci cywilni kierunku ratownictwo medyczne- przygotowanie do zawodu ratownika medycznego i realizacji medycznych czynności ratunkowych, ale podczas programu 3 letnich studiów muszą opanować niższy poziom KPP. Kierunek ratownictwo medyczne otwarty w AP w 2023 roku.
- funkcyjanci AP (kadra), którzy byli instruktorami zajęć praktycznych VR i również w ramach instruktaży wstępnego przeszli ścieżkę scenariusza VR, oraz wypełnili kwestionariusz wyrażając swoją opinię na temat tej nowoczesnej metody symulacji.

Scenariusz wirtualnej rzeczywistości

Uczestnicy badania wykorzystywali wirtualny symulator medyczny przy zastosowaniu gogli do rzeczywistości wirtualnej z kontrolerami w środowisku symulacji 3D. Scenariusz polegał na tym, że uczestnik symulacji wcielił się w rolę osoby udzielającej pierwszej pomocy w zakresie BLS AED u osoby dorosłej płci żeńskiej która została znaleziona leżąca bez oznak zachowanego krążenia. Rolą uczestnika symulacji było sprawdzenie reakcji leżącego poszkodowanego, obecności oddechu a po uzyskaniu zwrotnej informacji o braku reakcji przystąpienie do kolejnych czynności czyli zwołania o pomoc, wykonania

Opinia studentów Akademii Pożarniczej na temat wykorzystania technologii Virtual Reality w nauce...

■ Tab. 1. Ocena wykorzystania VR w nauce kwalifikowanej pierwszej pomocy w podziale na grupy uczestników

	Funkcjonariusz PSP, N=5, (IQR)	Podchorąży N=77 (IQR)	Student cywilny, N=50 (IQR)	Total, N=132 (IQR)	P
Czy metoda VR jest pomocna w nauce metod ratowniczych na poziomie kwalifikowanej pierwszej pomocy?	2 (1-2)	2(2-2)	2(2-2)	2(2-2)	0,466
Czy symulacja zdarzeń w systemie VR zapewnia odpowiednią do nauki jakość?	2 (1-2)	2 (1-2)	2 (1-2)	2 (1-2)	0,948
Czy dokładny pomiar czasu realizacji procedury i efekt presji czasu jest pomocny w nauce procedur?	2(2-2)	2(2-2)	2(2-2)	2(2-2)	0,779
Czy podczas realizacji zadania w systemie VR wystąpił dyskomfort dotyczący zmysłu wzroku?	-2(-2 - -2)	-2(-2- 1)	2(-2- 1)	2(-2- 1)	0,131
Czy podczas realizacji zadania w systemie VR wystąpił dyskomfort dotyczący zaburzeń równowagi?	-2(-2 - -2)	-2(-2- -2)	-2(-2- -2)	-2(-2- -2)	0,752
Czy realizacja procedur KPP na stanowisku VR jest obciążająca pod względem fizycznym (wysiłek fizyczny, zmęczenie)?	-2(-2 - -2)	-2(-2- -1)	-2(-2- -1)	-2(-2- -1)	0,141

Skróty: VR- virtual reality, KPP- kwalifikowana pierwsza pomoc, IQR- rozstęp międzykwartylowy

■ Tab. 2. Analiza porównawcza z podziałem na płeć i ocenę użytkowania VR

	Kobiety N=20 (IQR)	Mężczyźni, N=112 (IQR)	P
Czy metoda VR jest pomocna w nauce metod ratowniczych na poziomie kwalifikowanej pierwszej pomocy?	2 (2-2)	2(2-2)	0,842
Czy symulacja zdarzeń w systemie VR zapewnia odpowiednią do nauki jakość?	2 (2-2)	2 (1-2)	0,381
Czy dokładny pomiar czasu realizacji procedury i efekt presji czasu jest pomocny w nauce procedur?	2 (1,5-2)	2 (2-2)	0,717
Czy podczas realizacji zadania w systemie VR wystąpił dyskomfort dotyczący zmysłu wzroku?	-1,5 (-2- 1)	-2 (-2- 0)	0,493
Czy podczas realizacji zadania w systemie VR wystąpił dyskomfort dotyczący zaburzeń równowagi?	-2 (-2- -2)	-2 (-2- -2)	0,944
Czy realizacja procedur KPP na stanowisku VR jest obciążająca pod względem fizycznym (wysiłek fizyczny, zmęczenie)?	-1,5 (-2- 1)	-2 (-2- -1)	0,424

Skróty: VR- virtual reality, KPP- kwalifikowana pierwsza pomoc, IQR- rozstęp międzykwartylowy

telefonu pod numer alarmowy 112, zaangażowania zestawu AED, RKO dla grupy wiekowej (osoba dorosła). W określonych miejscach scenariusza uczestnicy otrzymywali informacje głosowe od lektora (głos kobiecy). Cały scenariusz VR objęty obserwacją trwał 8 minut, przy czym czas realizacji wszystkich etapów był identyczny dla każdego uczestnika.

■ WYNIKI

Do badania włączono 132 respondentów, którzy spełnili wszystkie kryteria włączenia i odpowiedzieli na wszystkie pytania. Nie odnotowano niekompletnych kwestionariuszy. Wśród ankietowanych było 112 mężczyzn (84,8%) i 20 kobiet (15,2%). Charakterystykę uczestników i wyniki oceny wykorzystania VR przedstawiono w tabeli 1. Analiza wyników wykazała, że wszyscy respondenci bardzo wysoko ocenili przydatność metody VR w nauce kwalifikowanej pierwszej pomocy, jakość symulacji oraz efekt presji czasu podczas realizacji procedur. Mediana odpowiedzi dla tych pytań we wszystkich grupach wynosiła +2 w 5-stopniowej skali Likerta (-2 do +2), co odpowiada odpowiedzi „zdecydowanie tak”. W zakresie oceny komfortu fizycznego większość uczestników wskazała brak dyskomfortu zarówno w odniesieniu do narządu wzroku, jak i równowagi. Ujemne wartości median (-2) odpowiadały odpowiedzi „zdecydowanie nie”, czyli brakowi negatywnych odczuć. Realizacja scenariuszy VR nie była też postrzegana jako fizycznie obciążająca. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między grupami ($p > 0,05$) dla żadnego z analizowanych pytań, co wskazuje, że ocena metody VR była podobna wśród funkcjonariuszy PSP, podchorążych i studentów cywilnych.

Analiza przedstawiona w Tabeli 2 wykazała, że zarówno kobiety, jak i mężczyźni bardzo wysoko ocenili przydatność metody VR w nauce kwalifikowanej

■ Tab. 3. Analiza porównawcza z podziałem na wiek i ocenę użytkowania VR

	Wiek ≤ 19 lat N=56 (IQR)	Wiek > 20 lat N=76 (IQR)	P
Czy metoda VR jest pomocna w nauce metod ratowniczych na poziomie kwalifikowanej pierwszej pomocy?	2 (2-2)	2(2-2)	0,981
Czy symulacja zdarzeń w systemie VR zapewnia odpowiednią do nauki jakość?	2 (1-2)	2 (1-2)	0,452
Czy dokładny pomiar czasu realizacji procedury i efekt presji czasu jest pomocny w nauce procedur?	2 (2-2)	2 (2-2)	0,809
Czy podczas realizacji zadania w systemie VR wystąpił dyskomfort dotyczący zmysłu wzroku?	-1 (-2- 1)	-2 (-2- 0)	0,204
Czy podczas realizacji zadania w systemie VR wystąpił dyskomfort dotyczący zaburzeń równowagi?	-2 (-2- -2)	-2 (-2- -1,5)	0,419
Czy realizacja procedur KPP na stanowisku VR jest obciążająca pod względem fizycznym (wysiłek fizyczny, zmęczenie)?	-1,5 (-2- -1)	-2 (-2- -1)	0,496

Skróty: VR- virtual reality, KPP- kwalifikowana pierwsza pomoc, IQR- rozstęp międzykwartylowy

pierwszej pomocy, jakość symulacji oraz efekt presji czasu. Mediany odpowiedzi dla tych pytań w obu grupach wynosiły +2, co odpowiada odpowiedzi „zdecydowanie tak” w skali Likerta. W zakresie komfortu fizycznego nie stwierdzono istotnych różnic między płciami. Większość respondentów nie zgłaszała dyskomfortu wzroku ani zaburzeń równowagi, a realizacja scenariuszy VR nie była postrzegana jako fizycznie obciążająca. Dla żadnego z analizowanych pytań nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie ($p > 0,05$), co wskazuje na podobną ocenę użytkowania VR w obu grupach.

Analiza wyników przedstawionych w tabeli 3 wykazała, że zarówno osoby w wieku ≤ 19 lat, jak i > 20 lat bardzo wysoko oceniły przydatność metody VR w nauce kwalifikowanej pierwszej pomocy, jakość symulacji oraz efekt presji czasu. W obu grupach mediany odpowiedzi dla tych pytań wynosiły +2, co odpowiada ocenie „zdecydowanie tak” w skali Likerta. W odniesieniu do komfortu fizycznego nie stwierdzono istotnych różnic między grupami wiekowymi. Zarówno młodszy, jak i starsi uczestnicy rzadko zgłaszali dyskomfort związany ze wzrokiem lub zaburzeniami równowagi, a realizacja scenariuszy VR nie była oceniana jako fizycznie obciążająca. Dla żadnego z analizowanych pytań nie wykazano istotnych statystycznie różnic ($p > 0,05$), co wskazuje, że wiek nie miał wpływu na ocenę użytkowania VR w procesie nauki KPP.

DISKUSJA

Metoda VR uznawana jest za bezpieczną. Przeprowadzenie kilkuminutowego scenariusza jest całkowicie bezpieczne dla wzroku osób biorących udział w badaniu. Promieniowanie na wzrok systemu VR jest porównywalne do poziomu (odbiornika TV- telewizora), tj. efekt zmęczenia wzroku występuje po wielu godzinach obciążenia wzroku bez odpoczynku. System VR nie wywołuje też zaburzeń neurologicznych w postaci zawrotów głowy lub wymiotów u zdrowych osób. W grupie badanej będą wyłącznie osoby zdrowe w przedziale wieku 20-45 lat, funkcjonariusze PSP badanych corocznie przez komisję lekarską w tym okuliście, laryngologa, neurologa [13].

Pod względem technicznym symulator VR jest narzędziem służącym do realizacji zajęć praktycznych w nowoczesnej, innowacyjnej formule, wspierającej cele określone we wniosku o dofinansowanie w różnych rodzajach symulacji w zależności od założeń dydaktycznych przygotowanych przez instruktorów. Konfiguracja, edycja i dystrybucja scenariuszy, monitorowanie postępów studentów, analiza wyników jest realizowana w jednym narzędziu dydaktycznym (oprogramowanie dla instruktora). Jeden rodzaj dostarczanego sprzętu co eliminuje konieczność szkolenia z wielu rodzajów sprzętu. VR zapewnia efektywność i aktualne monitorowaniem rezultatów [14,15]. W naszym badaniu żaden z uczestników nie zgłosił istotnych dolegliwości ze strony narządu wzroku czy układu równowagi, co potwierdza bezpieczeństwo krótkich sesji VR stosowanych w edukacji medycznej. Ewaluacja umiejętności praktycznych nie była celem badania własnego.

Technologia VR jest od lat wykorzystywana w szkoleniu służb mundurowych, w tym żołnierzy sił zbrojnych czy

członków załóg misji kosmicznych, gdzie pozwala na bezpieczne odtwarzanie sytuacji kryzysowych w warunkach maksymalnie zbliżonych do rzeczywistych.. Aby zminimalizować ryzyko fiaska misji, zarówno żołnierze, jak i członkowie misji kosmicznej nieustannie przechodzą szereg szkoleń z różnych dziedzin. Jednym z najważniejszych jest szkolenie medyczne. Żołnierze muszą przechodzić poszczególne kursy medyczne: KPP, Combat Life Saver, Tactical Combat Casualty Care czy dedykowane kursy specjalistyczne dla żołnierzy podczas konfliktów zbrojnych [16].

Badanie własne dotyczyło sfery ratownictwa medycznego. W badaniu Grabowskiego [17], wzięło udział 67 kadetów i siedmiu czynnych strażaków. Koncepcja dotyczyła porównania dwóch realistycznych wirtualnych systemów szkoleniowych do gaszenia pożarów w pomieszczeniach zamkniętych w praktyce strażaków. Symulatory szkoleniowe VR powinny uwzględniać specyfikę wykonywanych przez strażaków zadań. Producenci oprogramowania oferują szeroką gamę tematyczną specjalizacji i scenariuszy, co związane jest z wieloobszarowym ratownictwem w zawodzie strażaka.

Berthiaume, et al. Podobnie jak w badaniu własnym oceniał użyteczność narzędzia VR w scenariuszach dedykowanych dla strażaków (transport materiałów niebezpiecznych). VR stanowi obiecujące rozwiązanie tego problemu, ponieważ jest ekonomiczna, bezpieczna i pozwala symulować realistyczne scenariusze, trudne do wdrożenia w świecie rzeczywistym. Podobieństwo badania Berthiaume do koncepcji własnej polegała na ocenie nie tylko użyteczności i skuteczności VR w szkoleniu strażaka, ale również obciążeń zawodowych, oraz obciążeń tej metody dydaktycznej z określeniem cyberchoroby [18].

Przegląd narracyjny z 2021 roku dotyczący VR zwraca uwagę na potencjał w szkoleniu specjalistów w dziedzinie reagowania kryzysowego, w tym strażaków. Wykorzystanie VR koncentruje się na czynnikach ludzkich i efektach uczenia się, jakości symulacji, opinii użytkownika. Uwzględnione w przeglądzie badania dostarczają dowodów sugerujących przydatność szkoleń strażaków z wykorzystaniem VR, szczególnie w scenariuszach akcji poszukiwawczo-ratowniczych. Ogólna liczba publikacji jest niewielka [19].

Calandra, et al zwraca uwagę na bezpieczeństwo jakie daje VR symulując niebezpieczne prace strażaków, głównie w zdarzeniach pożarowych. Stosowanie symulacji pożaru w czasie rzeczywistym jako uzupełnienie tradycyjnego podejścia szkoleniowego opartego na materiałach wideo, stosowanego w kontekście gaszenia pożarów lasów jest bardzo skutecznym narzędziem. W badaniu własnym nie stosowaliśmy scenariusza pożarowego, jednak eliminacja ryzyka dla strażaka i zastosowanie wirtualnego poszkodowanego w scenariuszu KPP może być bardzo skutecznym bezpiecznym rozwiązaniem szkoleniowym [20].

Koutitas zwraca uwagę że szkolenie w środowisku personelu medycznego jest ważne z zachowaniem pamięci mięśniowej, która uważana za równie ważną, co pamięć poznawcza. Wyniki przeprowadzonego badania wskazują na poprawę dokładności ratowników o 46%, a szybkość

wykonania zadań o 29%. W badaniu własnym nie ocenialiśmy efektywności zadania, jednak zaplanowany scenariusz wymagał angażowania i utrwalania pamięci mięśniowej naszych respondentów [21].

Kolejne badania dostarczają dowodów na skuteczność, efektywność, oraz bezpieczeństwo metody VR jako narzędzia służącego do szkolenia praktycznego personelu służb ratowniczych, w tym strażaków. Główne zalety podkreślane przez badaczy dotyczą: wypełnienie luk technicznych w dotychczasowych metodach szkoleniowych w ocenie Mossel, a zgodnie z wynikami Grabowskiej-Lepczak VR ma zastosowanie we współczesnych obszarach edukacji w tematyce bezpieczeństwa publicznego i możliwości edukowania społeczeństwa w zakresie bezpieczeństwa przy zastosowaniu nowoczesnych technologii [22,23]. Z kolei Mazur i wsp. ukazują wpływ innowacyjnych narzędzi VR na efektywność działań ratowniczych [24].

W badaniach zagranicznych również można znaleźć dowody na wykorzystanie VR jako narzędzia dydaktycznego w edukacji strażaków. Shi i wsp. przybliżają możliwości wykorzystania VR w zakresie optymalizacji podejmowania decyzji, Çakiroğlu opiera ustalenia na szkoleniach strażaków dotyczących radzenia sobie z presją czasu, ponieważ w krótkim czasie muszą przyswajać złożone informacje przestrzenne w ramach akcji ratunkowych [25,26]. Powyższe opisywane korzyści zostały ocenione i zauważone w badaniu własnym.

Markiewicz wskazuje na istotny aspekt ekonomii wskazując technologię VR jako oszczędną innowację przy szkoleniu kadr różnych zawodów, co przyczynia się do wzrostu konkurencyjności przedsiębiorstw [27]. Potwierdza to analiza Mao i wsp., którzy opisują VR jako tanie i realistyczne wsparcie szkoleniowe w systemach ograniczonych czasowo i finansowo [28].

Pottle podaje przykłady dotyczące szkolenia kadr medycznych. Liu i wsp. dokonali oceny VR, która wykazała znaczący potencjał w transformacji kształcenia pielęgniarskiego poprzez zapewnienie immersyjnych i interaktywnych doświadczeń edukacyjnych [29,30]. Potwierdza to Szara i wsp. [31]. Autorzy opisują ewolucję w kształceniu pielęgniarek – od tradycyjnych modeli do metod opartych na technologii w celu zdobywania wiedzy, przechodząc w kierunku uczenia się, nauczania i oceny skoncentrowanej na studencie.

Kolejne 3 publikacje Berman, Cook, Posel ukazują dowody, że VR traktowana jako nowatorska technologia, funkcjonuje w naukach biomedycznych już od wielu lat w postaci wirtualnych pacjentów i scenariuszy to trenowania procedur medycznych [32-34].

Ograniczenia badania

Nasze badanie miało główne ograniczenie dotyczące ewaluacji wiedzy respondentów, co związane jest z celem badania. Badaliśmy opinię na temat użyteczności, akceptacji, bezpieczeństwa środowiska VR studentów szkoły pożarniczej, ale nie badaliśmy wyjściowego poziomu wiedzy i umiejętności uczestników na etapie PRE, porównania poziomu wiedzy na etapie POST, co może być przyszłościowym kierunkiem badania z uwzględnieniem rozwoju narzędzia VR oraz implikacji z innymi narzędziami szkoleniowymi.

WNIOSKI

1. Technologia VR w nauczaniu kwalifikowanej pierwszej pomocy okazała się skutecznym i dobrze akceptowanym narzędziem dydaktycznym zarówno wśród studentów służb mundurowych, jak i cywilnych, co uzasadnia jej szersze wdrażanie do programów kształcenia ratowniczego.
2. Brak istotnych różnic w ocenie VR pomiędzy grupami uczestników (wiek, płeć, rodzaj studiów) potwierdza uniwersalny charakter tej metody, umożliwiając standaryzację procesu szkolenia i ułatwiając jej implementację w różnych populacjach edukacyjnych.
3. Symulacje VR pozwalają na realistyczne odtworzenie sytuacji kryzysowych i presji czasu, co sprzyja nabywaniu kompetencji niezbędnych do podejmowania szybkich i skutecznych działań w warunkach realnych interwencji ratowniczych.
4. Możliwość analizy postępów uczestników i powtarzania scenariuszy VR stwarza podstawy do rozwoju spersonalizowanych programów doskonalenia umiejętności w zakresie pierwszej pomocy, dostosowanych do indywidualnych potrzeb szkoleniowych.

ORCID

Łukasz Dudziński  <https://orcid.org/0000-0002-8255-7608>
 Tomasz Kubiak  <https://orcid.org/0000-0002-7305-2288>
 Klaudia Madej-Węgier  <https://orcid.org/0000-0003-0892-2918>
 Łukasz Czyżewski  <https://orcid.org/0000-0001-9473-9954>

REFERENCES/PIŚMIENNICTWO

1. Regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 17 Sep 2021 on the detailed organization of the National Rescue and Firefighting System. (Dz.U. 2021 poz. 1737).
2. Announcement of the Speaker of the Sejm of the Republic of Poland of 15 September 2025 (Journal of Laws of 2025, item 1312).
3. Regulation of the Council of Ministers of 2 September 1997 on the occupational health and safety service. (Dz. U. Nr 109, poz. 704, z 2004 r. Nr 246, poz. 2468).
4. Announcement of the Minister of Health of 3 July 2025 (Journal of Laws 2025, item 949).
5. Principles of Organizing Emergency Medical Services in the National Rescue and Firefighting System. National Headquarters of the State Fire Service. Warsaw 2021. Available on-line: www.gov.pl/web/kgpp/zasady-organizacji-rat-med (accessed on 2 July 2025).
6. Regulation of the Minister of Health of 22 June 2023 on medical rescue activities and health services other than medical rescue activities that may be provided by a paramedic (Dz.U. 2023 poz. 1180).
7. Jiang H, Vimalasvaran S, Wang JK, et al. Virtual Reality in Medical Students' Education: Scoping Review. *JMIR Med. Edu.* 2022;8(1):e34860. <http://doi.org/10.2196/34860>
8. Sawicki A, Chrościcki D. Evaluation of firefighters' knowledge about medical procedures. *Crit. Care Innov.* 2019;2(3):27-36. <https://doi.org/10.32114/CCI.2019.2.3.27.36>
9. European Resuscitation Council: Resuscitation Guidelines. (2021). Available online: www.prc.karkow.pl (accessed on 2 July 2025).
10. Grabowski A, Jach K. The use of virtual reality in the training of professionals: with the example of firefighters. *Comput. Animat. Virtual Worlds.* 2020;32(2):e1981. <https://doi.org/10.1002/cav.1981>
11. Kosowski B, Luzar A. Using virtual reality in firefighter training: opportunities and threats. *Social Sciences, Sociology.* 2022;1: 107-126. <https://doi.org/10.4467/29563763.OLDK.22.006.16535>
12. Regulamin organizacyjny Akademii Pożarniczej- Zarządzenie nr 22/2024 Rektora-Komendanta APoż z dnia 07 czerwca 2024 r. Available on-line: www.apoz.edu.pl/uczelnia/o-uczelnii/ (accessed 15 July 2025).
13. Announcement of the Minister of Interior and Administration of May 25, 2023, on the announcement of the consolidated text of the regulation of the Minister of Interior and Administration on the scope, procedure and frequency of periodic preventive medical examinations and periodic assessment of the physical fitness of a firefighter of the State Fire Service. (Dz.U. 2023 poz. 1177).

14. Lubrańska A, Kempa A. The Profession of a firefighter in the context of onerousness of work and organizational climate. *Labour and Social Security Journal*. 2024;6:42-50. <http://doi.org/10.33226/0032-6186.2024.6.7>
15. Narciso D, Melo M, Raposo JV, et al. Virtual reality in training: an experimental study with firefighters. *Multimed. Tools Appl*. 2020;79(1):1-19. <https://doi.org/10.1007/s11042-019-08323-4>
16. Mistry D, Brock CA, Lindsey T. The present and future of virtual reality in medical education: A narrative review. *Cureus*. 2023;15(12):e51124. <http://doi.org/10.7759/cureus.51124>
17. Grabowski A. Practical skills training in enclosure fires: An experimental study with cadets and firefighters using CAVE and HMD-based virtual training simulators. *Fire Saf. J*. 2021;125:103440. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103440>
18. Berthiaume M, Kinatader M, Emond B, et al. Evaluation of a virtual reality training tool for firefighters responding to transportation incidents with dangerous goods. *Educ. Inf. Technol*. 2024;29:14929-14967. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12357-5>
19. Wheeler SG, Engelbrecht H, Hoermann S. Human factors research in immersive virtual reality firefighter training: A systematic review. *Front. Virtual Real*. 2021;2:671664. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.671664>
20. Calandra D, De Lorenzis F, Cannavò A, et al. Immersive virtual reality and passive haptic interfaces to improve procedural learning in a formal training course for first responders. *Virtual Reality*. 2023;27:985-1012. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00704-9>
21. Koutitas G, Smith S, Lawrence G. Performance evaluation of AR/VR training technologies for EMS first responders. *Virtual Reality*. 2021;25:83-94. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00436-8>
22. Mossel A, Schoenauer C, Froeschl M, et al. Immersive training of first responder squad leaders in untethered virtual reality. *Virtual Reality*. 2021;25:745-759. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00487-x>
23. Grabowska-Lepczak I. The use of modern technologies in education for safety and the effectiveness of undertaken activities. *Journal of Modern Science*. 2024;55(1):471-490. <https://doi.org/10.13166/jms/185510>
24. Mazur R, Szewczyk J, Smolarkiewicz M. Teaching decision games in the augmented reality environment based on 'ARES'. *The methodology of research. Safety and Fire Techn*. 2012; 25(1):57-65.
25. Shi Y, Kang J, Xia P, et al. Spatial knowledge and firefighters' wayfinding performance: A virtual reality search and rescue experiment. *Safety Science*. 2021;139:105231. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105231>
26. Çakiroğlu U, Çakiroğlu S. Development of fire safety behavioral skills via virtual reality. *Comput. Educ*. 2019;133:56-68. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.01.014>
27. Markiewicz J, Niedzielski P. Development of simulators in vr technology as an example of frugal innovations. *Optimum. Economic Studies*. 2021;104(2):44-57. <https://doi.org/10.15290/oes.2021.02.104.04>
28. Mao RQ, Lan L, Kay J, et al. Immersive virtual reality for surgical training: A systematic review. *J. Surg. Res*. 2021;268:40-58. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.06.045>
29. Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education. *Future Healthc. J*. 2019;6(3):181-185. <https://doi.org/10.7861/fhj.2019-0036>
30. Liu K, Zhang W, Li W, et al. Effectiveness of virtual reality in nursing education: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med. Educ*. 2023;23(1):710. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04662-x>
31. Szara M, Klukow JW. New technologies used in the education of nurses and midwives. *Pielęg. XXI Wieku*. 2023;22(3(84)):181-194. <https://doi.org/10.2478/pielxxiw-2023-0026>
32. Berman NB, Durning SJ, Fischer MR, et al. The role for virtual patients in the future of medical education. *Acad. Med*. 2016;91:1217-1222. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000001146>
33. Cook DA, Triola MM. Virtual patients: a critical literature review and proposed next steps. *Med. Educ*. 2009;43(4):303-311. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2008.03286.x>
34. Posel N, McGee JB, Fleischer DM. Twelve tips to support the development of clinical reasoning skills using virtual patient cases. *Med. Teach*. 2015;37:813-818. <https://doi.org/10.3109/0142159x.2014.993951>

Manuscript received/Praca zgłoszona do czasopisma:
15.10.2025

Manuscript accepted/Praca zaakceptowana do druku:
16.01.2026

Translation/Tłumaczenie: Marzena Kasperczyk