

**Radosław W. Kadziszewski, Alicja Bartkowska-Śniatkowska,
Jowita Rosada-Kurasińska**

Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii Pediatricznej,
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Anna Kadziszewska

Katedra i zakład profilaktyki zdrowotnej,
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Jędrzej J. Ksepka

SKN Anestezjologii i Intensywnej Terapii,
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Marek R. Przybył

Uniwersytet Kaliski im. Stanisława Wojciechowskiego w Kaliszu, Kalisz

Anna Królak, Patrycja Kurowska

Główna Biblioteka Lekarska, Warszawa

WPŁYW SYMULACJI MEDYCZNEJ WYSOKIEJ WIERNOŚCI NA EFEKTYWNOŚĆ NAUCZANIA PODSTAWOWYCH PROCEDUR W ANESTEZJOLOGII, INTENSYWNEJ TERAPII I MEDYCYNIE RATUNKOWEJ WŚRÓD STUDENTÓW MEDYCYNY

THE IMPACT OF HIGH-FIDELITY MEDICAL SIMULATION ON
THE EFFECTIVENESS OF TEACHING BASIC PROCEDURES
IN ANESTHESIOLOGY, INTENSIVE CARE, AND EMERGENCY
MEDICINE AMONG MEDICAL STUDENTS

Wstęp

Szybki rozwój symulacji medycznej w czasach obecnych jest efektem nowego trendu. Koncepcję tę powszechnie określa się mianem Evidence-Based-Medicine (EBM), czyli medycyny opartej na faktach, doświadczeniach i rzetelnie zebranych wynikach. Nie stosuje się już uproszczeń i uogólnień. Zamiast tego opiera się o własne badania i doświadczenia. Początkowo koncepcję tę traktowano dość krytycznie, jednakże z biegiem czasu i duchem czasu stała się dziedziną nauki obejmującą symulacje medyczne. W symulacji wykorzystano wiedzę faktograficzną zdobytą dzięki percepcji zmysłowej, obserwacji i eksperymentom, aby zapewnić podstawę dla nowszych i bardziej złożonych scenariuszy, zapewniając jednocześnie możliwości testowania nowych teorii leczenia przed przeprowadzeniem ostatecznych badań na ludziach. Ponadto ciągły rozwój poprzez zajęcia praktyczne i symulacje podnosi kwalifikacje studentów, a później lekarzy oraz ogranicza błędy medyczne w krajach, w których symulacja medyczna jest już powszechnie stosowana.

Symulacja medyczna to metoda nauczania oparta na założeniu, że osoba ucząca się (uczeń lub student) bierze udział w procesie diagnostyczno-terapeutycznym z wykorzystaniem symulatorów pacjenta opartych na przypadkach (scenariuszach) medycznych, których przebieg jest zgodny z autentycznym przebiegiem danego schorzenia. Procedura pozwala na nieskończoną liczbę powtórzeń przypadku bez szkody dla pacjenta. Scenariusze obejmują wszystkie specjalizacje medyczne, wykorzystując sprzęt i pomieszczenia zbliżone do środowiska, w którym na co dzień pracuje personel medyczny i paramedyczny, m.in. karetkę pogotowia, salę operacyjną czy salę intensywnej terapii i nadzoru. Przypadek rozpoczyna się od wstępu (prebriefingu). Następnie prezentowane są założenia przypadku, cele nauczania oraz umiejscowienie scenariusza w czasie i przestrzeni. Na koniec następuje dyskusja (debriefing), podczas której nauczyciel podsumowuje i analizuje prawidłowości i nieprawidłowości w zachowaniu studentów. Podsumowując, symulacja medyczna łączy wiedzę teoretyczną z umiejętnościami praktycznymi i kompetencjami interpersonalnymi adeptów sztuk medycznych.

Symulacje wysokiej wierności opierają się na zaawansowanych symulatorach pacjenta obejmujących całe ciało, takich jak fantomy wysokiej wierności SimMan 3G firmy Laerdal lub zaawansowany symulator pacjenta HAL firmy Gaumart. Symulatory te odzwierciedlają rzeczywistość dzięki charakterystycznym specyfikacjom obejmującym m.in. programowalne drogi oddechowe (możliwość odtwarzania różnych dźwięków górnych dróg oddechowych, zastosowanie selektywnej intubacji prawego oskrzela i intubacji wstecznej, a także możliwość wykonania tracheotomii i konikotomii), możliwość wygenerowania dowolnego zapisu EKG, i osłuchiwanie tonów serca, pomiar ciśnienia krwi, pomiar saturacji. Istnieją również dedykowane miejsca do nakłuć podskórnych, domięśniowych i śródżukowych (podanie leku zmienia parametry życiowe w czasie rzeczywistym, imitując sytuację kliniczną).

Połączenie wszystkich tych funkcji daje możliwość takiej symulacji, która pozwala asystentom prowadzącym zajęcia realistycznie przedstawić objawy choroby, a studentom podejmować trafne decyzje terapeutyczne m.in. zlecać i interpretować badania. Całość symulacji rejestrowana jest w formie zapisu audio-wideo i synchronizowana z aktualnymi parametrami pacjenta. Po zakończeniu symulacji scenariusz jest omawiany w sali odpraw.

Metody

Grupę badaną stanowiło 240 studentów IV, V i VI roku wydziału lekarskiego studiów polskojęzycznych (Wydział Lekarski) i anglojęzycznych (ED – English Division) Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu, którzy brali udział w symulacjach medycznych z wykorzystaniem wysokiej wierności symulatorów w ramach zajęć z anestezjologii, intensywnej terapii i resuscytacji. Badanie przeprowadzono w okresie od 1 października 2018 r. do 29 lutego 2022 r. w Centrum Symulacji Medycznych Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu. Celem kursu było podniesienie wiedzy i wyników studentów, koncentrując się głównie na tematyce anestezjologii, intensywnej terapii i medycynie ratunkowej (w szczególności praktyczne wykorzystanie Wytycznych Europejskiej Rady Resuscytacji 2021), w tym resuscytacji krążeniowo-oddechowej.

Uczestnicy badania byli oceniani pod kątem wiedzy teoretycznej (WIEDZA) i umiejętności praktycznych (UMIEJĘTNOŚCI). Każdy z tych parametrów mierzono dwukrotnie – przed rozpoczęciem zajęć z anestezjologii i intensywnej terapii prowadzonych w Centrum Symulacji Medycznej (PRÓBA I) oraz po ich zakończeniu (PRÓBA II). Zajęcia trwały jeden dzień (dziesięć godzin lekcyjnych) i składały się z seminarium wprowadzającego (cztery godziny lekcyjne), a następnie ćwiczeń praktycznych (sześć godzin lekcyjnych) trwających dziesięć godzin edukacyjnych. Uczniowie zostali podzieleni na grupy, a każda grupa liczyła 4 osoby. Każdy uczeń miał możliwość zdobycia praktycznego doświadczenia w zakresie każdego mierzonego zadania.

Do oceny WIEDZY wykorzystano autorskie kwestionariusze, będące wcześniej zwalidowanymi testami składającymi się z 25 pytań, z czego 15 to pytania z zakresu anestezjologii oraz 10 pytań dotyczących zabiegów intensywnej terapii i medycyny ratunkowej. Uzasadnienie wyboru tej listy elementów wiedzy i powodów wykluczenia innych treści (dowód merytoryczny) opiera się na wynikach testów końcowych byłych absolwentów. Tematyka ta była konsekwentnie poruszana w trakcie zajęć. Dobór i układ pytań był spójny z tematyką zajęć z anestezjologii i intensywnej terapii, które studenci realizowali w oparciu o trzy scenariusze i debriefing. Wszystkie elementy kwestionariusza zostały szczegółowo omówione w treści kursu. W ten sposób można było pośrednio ocenić skuteczność tej metody w zakresie WIEDZA. Za poprawną odpowiedź przyznawano 1 punkt, a za błędną 0. Kwestionariusz początkowy i końcowy składał się z tych samych pytań. Wynik uzyskany z obu ankiet został udostępniony uczestnikom badania dopiero po jego zakończeniu. Ankietę przeprowadzono dwukrotnie tego samego dnia szkoleniowego:

1. Pierwsza ocena (PRÓBA I) – w momencie rozpoczęcia zajęć symulacyjnych;
2. Druga ocena (PRÓBA II) – w momencie zakończenia zajęć symulacyjnych.

Ocena UMIEJĘTNOŚCI została przeprowadzona dwukrotnie przez certyfikowanych instruktorów symulacji medycznej przy użyciu wysokiej wierności symulatora SimMan 3G przy użyciu standardowego oprogramowania symulatora, który jest integralną częścią systemu. Symulator leżał na podłodze, co czyniło go bardziej realistycznym niż przy użyciu specjalnego materaca, tablicy lub innych powierzchni, które zmieniają dane dotyczące głębokości uciśnień. Do oceny UMIEJĘTNOŚCI PRAKTYCZNYCH wybrano jedynie cztery parametry z zakresu prowadzenia resuscytacji krążeniowo-oddechowej, ze względu na obiektywną ocenę tych umiejętności poprzez wykorzystanie ww. symulatora. Dane dotyczące wydajności oceniano w całym przedziale czasowym, co jest odmienne i czyni nasze badanie bardziej realistycznym w porównaniu z badaniami opublikowanymi dotychczas (w których zazwyczaj analizowano je w podziale na części, np. ok. 30-sekundowe fragmenty). Oceniano:

1. głębokość uciśnień klatki piersiowej (wyrażana w centymetrach, w zakresie od 0 do 6, z dokładnością do 0,1 cm); norma 5-6 cm;
2. częstotliwość uciśnień klatki piersiowej (wyrażona w uciśnięciach na minutę); standardowo 100-120/min;
3. czas relaksacji, czyli czas potrzebny, aby ściana klatki piersiowej powróciła do stanu wyjściowego; prawidłowy – 0, zbyt krótki – (-1), zbyt długi – (+1);
4. odsetek prawidłowych uciśnień klatki piersiowej jako całkowita jakość resuscytacji; norma 90-100%.

Pierwsza ocena UMIEJĘTNOŚCI (PRÓBA I) została przeprowadzona w pierwszej godzinie zajęć symulacyjnych z anestezjologii i intensywnej terapii, po zapoznaniu się studentów ze sprzętem symulacyjnym. Oceniano umiejętność samodzielnego prowadzenia resuscytacji krążeniowo-oddechowej przez 2 minuty z wykorzystaniem symulatora. Podczas tej próby uczestnik testu miał możliwość skorzystania ze wskazówek symulatora, który na bieżąco analizował i wyświetlał oceniane parametry.

Druga ocena UMIEJĘTNOŚCI (PRÓBA II) została przeprowadzona w ostatniej godzinie zajęć symulacyjnych z anestezjologii i intensywnej terapii. Polegała ona także na ocenie prawidłowości prowadzonej resuscytacji krążeniowo-oddechowej. Tutaj również student miał możliwość na bieżąco korzystać z instrukcji symulatora, który analizował i wyświetlał oceniane parametry oraz zalecał ewentualną korektę każdego z nich.

Studenci mieli czas na przećwiczenie tej procedury pomiędzy testem początkowym i końcowym w innych miejscach lub klinicznie.

Obliczenia wykonano przy użyciu programu Statistica 12 firmy StatSoft oraz PQStat firmy PQStat Software. Jako poziom istotności przyjęto $\alpha=0,05$. Wynik uznano za istotny statystycznie, gdy $p<\alpha$. Normalność rozkładu zmiennych sprawdzono za pomocą testu

Shapiro-Wilka. Aby porównać między sobą poszczególne analizowane aspekty, z racji tego, iż były mierzone w różnych jednostkach lub ich wyniki mieściły się w różnych przedziałach, zastosowano normalizację typu min-maks. W celu zbadania czy zmiany pomiędzy I a II próbą są istotne statystycznie, w przypadku zgodności rozkładu zmiennych z rozkładem normalnym obliczono test t-Studenta dla zmiennych powiązanych, w przypadku braku zgodności z rozkładem normalnym lub dla zmiennych mierzonych na skali porządkowej – test Wilcoxona. W celu określenia istotności zmian dla zmiennej kategoryjnej obliczono test Bowkera-McNemara. W celu porównania, czy % odpowiedzi, które uległy zmianie różni się pomiędzy grupami obliczono test U dla frakcji z zastosowaniem poprawki Bonferroniego. W celu zbadania zależności pomiędzy zmiennymi ciągłymi obliczono współczynnik korelacji liniowej r Pearsona lub współczynnik korelacji rangowej R_s Spearmana. W przypadku zgodności rozkładu zmiennych z rozkładem normalnym i równości wariancji, zastosowano test t-Studenta dla prób niepowiązanych (w przypadku 2 grup) lub test analizy wariancji dla prób niepowiązanych, dla 3 i więcej grup. W przypadku braku zgodności z rozkładem normalnym zastosowano test Manna-Whitneya, w przypadku 2 grup lub Kruskala-Wallisa dla 3 lub więcej grup. Dodatkowo, w przypadku stwierdzenia istnienia istotnych statystycznie różnic, obliczono test Tukeya lub Dunna wielokrotnych porównań, aby ocenić pomiędzy którymi grupami różnice występują. Celem oceny różnic w zmianie trzech umiejętności, z powodu braku zgodności z rozkładem normalnym, obliczono test Friedmana wraz z testem Dunna wielokrotnych porównań. W celu określenia, które odpowiedzi dotyczące konkretnych pytań się zmieniły zastosowano test McNemara. W celu porównania zmiennych mających rozkład zgodny z normalnym i równe wariancje pomiędzy 2 grupami obliczono test t-Studenta dla prób niepowiązanych, a między 3 grupami – test analizy wariancji dla prób niepowiązanych. Dodatkowo, w przypadku stwierdzenia istnienia istotnych statystycznie różnic, obliczono test Tukeya wielokrotnych porównań, aby ustalić, pomiędzy którymi grupami różnice te występują. W przypadku zmiennych niemających rozkładu zgodnego z normalnym lub zmierzonych na skali porządkowej obliczono test Manna-Whitneya (dla 2 grup) lub Kruskala-Wallisa (dla 3 grup). Dodatkowo, w przypadku stwierdzenia istnienia istotnych statystycznie różnic, obliczono test Dunna wielokrotnych porównań, aby ustalić, pomiędzy którymi grupami różnice te występują. W celu zbadania zależności pomiędzy zmiennymi kategoryjnymi obliczono: test niezależności chi-kwadrat, test dokładny Fishera lub test Fishera-Freemana-Haltona. W celu zbadania zależności pomiędzy zmiennymi ciągłymi, z powodu braku zgodności z rozkładem normalnym, obliczono współczynnik korelacji rangowej R_s Spearmana.

Wyniki

Tabela 1. Charakterystyka uczestników

Cecha	Studenci polskojęzyczni			Studenci anglojęzyczni		
Płeć (Kobieta/Mężczyzna)	52		36	72		80
Średni wiek studenta (w latach)	24,5			24.9		
Rok studiów (4/5/6)	0	88	0	72	0	80
Wcześniejsze szkole- nie w CSM* (T/N):	88/0			128/24		
z wykorzystaniem SNW* (Y/N)	88/0			152/0		
z wykorzystaniem SWW** (Y/N)	88/0			128/24		
z wykorzystaniem SP**** (Y/N)	88/0			152/0		

*CSM – Centrum Symulacji Medycznej

**SNW – symulator niskiej wierności

***SWW – symulator wysokiej wierności

****SP – standaryzowany pacjent

Analizując wyniki obu prób, różnice w średniej głębokości uciśnień uzyskanych przez studentów w pierwszej i drugiej próbie były istotne statystycznie ($p=0,0000$). Średnia głębokość uciśnień w drugiej próbie wyniosła 4,5 cm, natomiast w pierwszej próbie 3,65. Średnia częstotliwość uciśnień w drugiej próbie jest znacznie wyższa i wynosi 117/min w porównaniu do 109/min w pierwszej próbie. Istnieje istotna statystycznie różnica pomiędzy procentem prawidłowych uciśnień studentów w pierwszej i drugiej próbie ($p=0,0000$). Procent prawidłowych uciśnień uzyskanych w drugiej próbie był znacznie wyższy i wyniósł 80 w porównaniu do 64 w pierwszej próbie.

W drugiej próbie uzyskano istotną statystycznie poprawę czasu relaksacji – wśród badanych 23,33% skróciło czas relaksacji do wartości prawidłowych (0). Dla porównania 13,33% wydłużyło ten czas do wartości prawidłowych.

Tabela 2. Porównanie wyników uzyskanych w badaniu

Punktacja uzyskana w ankiecie – sumarycznie (0-25)	Analizowany parametr			
	Liczba ankiet ważnych	Mediana	Minimum	Maksimum
przed zajęciami	240	19	14	22
po zajęciach	240	24	20	25

Zmiana wyniku uzyskanego z całej ankiety przed i po zajęciach jest istotna statystycznie ($p=0,0000$). Warto jednak zauważyć, że wyniki uzyskane przez studentów w pierwszej próbie wyniosły 76%, ulegając poprawie w drugiej próbie do 96%.

Dyskusja

Porównanie istniejącej literatury z uzyskanymi wynikami pozwala stwierdzić, że klasyczne metody nauczania, wykorzystujące urządzenia audio-wideo, czy przypadki kliniczne oparte na założeniach nauczania problemowego, wymagają rewizji. Co więcej, realizują jedynie cele uczenia się w oparciu o wiedzę, zamiast oceniać i weryfikować umiejętności praktyczne. Steadman i wsp. potwierdzają ten fakt w swoim piśmie. Ruessler i wsp., Graber i wsp. oraz Morgan i wsp. wykazali, że nauczanie oparte na rozwiązywaniu problemów medycznych przedstawianych w dyskusjach z nauczycielem (moderatorem) wymaga skorygowania, aby spełniło oczekiwania. W badaniu Ruesslera i wsp. porównano wyniki egzaminu OSCE (na podstawie kwestionariusza) dwóch grup studentów, z których jedną uczono rozwiązywania problemów intensywnej terapii z wykorzystaniem symulacji medycznej, a drugiej wyłącznie w oparciu o uczenie się problemowe (seminarium). Wyniki wykazały istotną statystycznie różnicę na korzyść nauczania z wykorzystaniem symulacji medycznej ($p<0,0001$). Ważne jest także, aby w nauczaniu przyszłych lekarzy minimalizować ryzyko dla pacjentów uczestniczących w procesie dydaktycznym. Tradycyjne zajęcia przyłóżkowe można z powodzeniem łączyć z zajęciami symulacyjnymi. W badaniu Grabera i wsp. porównywano nastawienie pacjentów Oddziału Ratunkowego do poddania się interwencji przeprowadzanej przez studentów medycyny (pod okiem opiekuna), w zależności od tego, czy opanował wcześniej daną czynność na symulatorze pacjenta, czy też nie. Wyniki wykazały istotną statystycznie różnicę w wielkości badanych umiejętności. Pacjenci chętniej wyrażali zgodę na interwencje studenta, który

doskonalił swoje umiejętności na manekinie (wartość p , w zależności od badanej procedury, w przedziale 0,001-0,03). Badano między innymi założenie wkłucia obwodowego, wkłucia centralnego, nakłucie lędźwiowe, intubacja i założenie sondy nosowo-żołądkowej. W większości ww. sytuacji pacjenci zgodziliby się zostać pierwszymi pacjentami studentów, którzy wcześniej przeszli szkolenie symulacyjne (wyjątkiem były zabiegi wysokiego ryzyka z potencjalnie poważnymi powikłaniami, takimi jak nakłucie lędźwiowe).

Morgan i wsp. przedstawili odmienne wyniki, udowadniając, że nauczanie oparte wyłącznie na wykorzystaniu mediów audio-wideo, które pomagają nauczycielowi odtworzyć przypadek kliniczny, nie skutkuje statystycznie gorszymi wynikami dydaktycznymi, zwłaszcza w ocenie krótkoterminowej (do 6 tygodni). Ponadto grupa badana i kontrolna uzyskały statystycznie lepsze wyniki w teście po zajęciach i przed zajęciami, używając dwukrotnie tego samego zestawu pytań, co również zostało udowodnione w niniejszej dysertacji. Badacze podkreślają jednak, że wyniki wymagają dalszej weryfikacji, gdyż miała na nie wpływ liczba osób prowadzących badanie, co znacząco różni się od metodologii zastosowanej w tej pracy – całość badania prowadził jeden opiekun. Ponadto autorzy powyższego badania podkreślają, że zbyt mała liczba przypadków klinicznych (3) uniemożliwia uogólnianie wyników na całą populację studentów i wymusza dalszą analizę.

Należy jednak zaznaczyć, że w żadnej z powyższych, w odróżnieniu od analizowanej pracy, wyniki uzyskane przez studentów nie zostały poddane analizie obiektywnej, a jedynie przy użyciu subiektywnych skal ocen stworzonych na potrzeby konkretnego badania i nie były powtarzalne w skali globalnej. W prezentowanej pracy umiejętności i wiedzę uczniów oceniano w oparciu o medyczny analizator symulacyjny (eCPR) oraz jednolity dla wszystkich uczniów test, zapewniający obiektywną ocenę przedmiotów. Nieujednolicone było także przypisywanie wag poszczególnym parametrom i niejednolite kryteria (okresowo analizowano czas potrzebny na wykonanie procedury, innym razem trudność jej wykonania i poprawność w skali numerycznej). W odróżnieniu od poprzednich publikacji, w prezentowanej pracy zastosowano dodatkowy debriefing w celu oceny wiedzy i umiejętności, co pozytywnie wpłynęło na końcowy wynik uzyskiwany przez uczestników badania. Większość analiz opiera się jedynie na ocenie wpływu debriefingu na poprawę w zakresie WIEDZY (Fanning i wsp.), bez analizowania jej łącznie z innymi mierzalnymi parametrami w obszarze UMIEJĘTNOŚCI, co w praktyce pozbawia symulację jej istoty jako wszechstronnego przedstawienia sytuacji klinicznych dnia codziennego.

Pojawienie się wirusa SARS-CoV-2 oraz pandemia Covid-19 wpłynęły na podejście do wdrażania symulacji medycznej w praktycznym nauczaniu studentów medycyny. Sytuacja wymusiła poszukiwanie alternatywnych metod nauczania anestezjologii i intensywnej terapii, gdy metody konwencjonalne (zajęcia przyłóżkowe) wiązały się ze zwiększonym ryzykiem zarówno dla pacjentów, jak i studentów i nauczycieli akademickich. Wykorzystanie wirtualnej symulacji pacjenta podczas pandemii Covid-19 opisał Yang i wsp. Większość studentów medycyny i wykładowców oceniła to rozwiązanie jako skuteczną i godną polecenia strategię

edukacyjną. Także praca opublikowana przez Miledera i wsp. sugeruje, że telesymulacja może być skutecznym narzędziem szkolenia. Studenci medycyny i personel pielęgniarstwa otrzymali pakiet zawierający manekin oraz sprzęt medyczny. Sesja symulacyjna dotycząca resuscytacji noworodków była transmitowana online dla dwu-, trzyosobowych grup. Uczestnicy zwracali uwagę na potencjalne problemy logistyczne (np. transport pakietu szkoleniowego) i techniczne (np. jakość dźwięku, zakłócenia łączności), jednak ich wiedza na temat aktualnych wytycznych po takim szkoleniu znacząco wzrosła. Chow i wsp. dostarczyli wstępnych dowodów na skuteczność szkoleń z wykorzystaniem symulatorów wysokiej wierności w zakresie pielęgniarstwa ratunkowego. Badanie miało charakter mieszany: quasi-eksperymentalny i jakościowy. Jego autorzy wskazali na potrzebę prowadzenia dalszych badań, obejmujących grupę kontrolną i oceniających wiedzę i umiejętności uczestników, aby móc potwierdzić rzeczywisty wpływ takich szkoleń.

Dotychczasowe badania oceniające wpływ symulacji medycznej na efekty nauczania procedur w zakresie podstawowych czynności ratunkowych były konstruowane w rozmaity sposób. Różniły się, jak wspomniano, skalami stosowanych ocen, ale też czynnikami czasowymi. W naszym badaniu oceniano efekty natychmiastowe, po zakończeniu ćwiczeń, porównując je z wynikami osiąganymi przed zajęciami. W niektórych pracach oceniano sprawność nabytych umiejętności nawet po roku od zakończenia kursu. Badania porównywały różne interwencje, np. stosowanie manekinów wysokiej wierności vs stosowanie manekinów niskiej wierności czy też porównanie sterowanych komputerowo interaktywnych manekinów ze standardowymi manekinami. W naszym badaniu uczestnicy byli oceniani pod kątem wiedzy i umiejętności praktycznych przed rozpoczęciem zajęć z anestezjologii i intensywnej terapii oraz po ich zakończeniu.

W literaturze naukowej poszukiwano innych prac o zbliżonej tematyce, aby poznać dotychczas stosowane metodyki badawcze i porównać ich wyniki z uzyskanymi przez nas. W tym celu przeprowadzono wyszukiwanie z użyciem bazy PubMed, zgodnie z przedstawionym w tabeli 3 schematem, z datą odcięcia 10.11.2023 r. Poniżej scharakteryzowano wybrane metaanalizy.

Praca Chenga i wsp. z 2015 r. miała na celu ocenę skuteczności manekinów o wysokiej i niskiej wierności w szkoleniu w zakresie zaawansowanych zabiegów resuscytacyjnych. Oceniano poprawę wiedzy, umiejętności po zakończeniu kursu, sprawność umiejętności po roku i wyniki leczenia pacjentów. Metaanaliza badań opisujących poziom umiejętności na zakończenie kursu wykazała umiarkowaną korzyść w przypadku manekinów o wysokiej wierności w porównaniu z manekinami o niskiej wierności [SMD: 0,59; 95% CI 0,13 do 1,05]. Badania mierzące poziom umiejętności po roku, poziom umiejętności od zakończenia kursu do roku oraz wiedzę nie wykazały znaczących korzyści w przypadku manekinów o wysokiej wierności.

Fransen i wsp. oceniali wpływ opartego na symulacji szkolenia zespołów położniczych w zakresie nagłych przypadków położniczych na wyniki pacjentów, wiedzę

#1	Search: ((manikins) OR (patient simulation)) OR (high fidelity simulation)	48,729
#2	Search: ((((anesthesia) OR (anesthesiology)) OR (critical care)) OR (emergency medicine)) OR (emergencies)	2,215,487
#3	Search: ((education) OR (learning)) OR (teaching)	3,107,806
#4	Search: #1 AND #2 AND #3	7,479
#5	Search: #4 + filter: meta-analyses	28

Tabela 3. Prezentacja schematu wyszukiwania prac

i umiejętności zespołów opieki położniczej oraz doświadczenia szkolonych osób. Według danych uzyskanych z ośmiu RCT, szkolenie zespołu położniczego oparte na symulacji może wykazywać niewielki lub żaden wpływ w zakresie złożonych wyników działań niepożądanych u matki i/lub okołoporodowych zdarzeń niepożądanych w porównaniu z brakiem szkolenia (3 badania; $n = 28\,731$, dowody o niskiej jakości, dane niescalone ze względu na różne definicje wyników). Analizy nie dały pewności, czy takie szkolenie wpłynęło na śmiertelność matek w porównaniu z brakiem szkolenia (2 badania; $n = 79\,246$ kobiet; dane naukowe o bardzo niskiej pewności). Może jednak zmniejszać śmiertelność noworodków ($RR=0,70$, 95% CI 0,48-1,01; 2 badania, 79 246 ciąż/porodów, dane naukowe o niskiej pewności). Takie szkolenie zespołu położniczego może mieć niewielki lub żaden wpływ na niską punktację w skali Apgar w porównaniu z brakiem szkolenia ($RR=0,99$, 95% 0,85-1,15; 2 badania; 115 171 niemowląt; dowody o niskiej pewności), ale prawdopodobnie zmniejsza uraz po dystocji barkowej ($RR=0,50$, 95% CI 0,25-0,99; 1 badanie; dowody o umiarkowanej pewności) i prawdopodobnie nieznacznie zmniejsza liczbę cięć cesarskich ($RR=0,79$, 95% CI 0,67-0,93; 1 badanie; $n=50\,589$; dowody o umiarkowanej pewności). Ostatecznie autorzy ustalili, że oparte na symulacji szkolenie zespołów położniczych prawdopodobnie poprawia wyniki zespołów położniczych w praktyce w porównaniu z brakiem szkoleń (3 badania; 2398 członków personelu położniczego, dowody o umiarkowanej pewności, dane nieskumulowane ze względu na różne definicje wyników).

Huang i wsp. opublikowali w 2019 r. metaanalizę, której celem było określenie skuteczności edukacyjnej symulacji o wysokiej wierności w porównaniu z brakiem symulacji lub symulacją o niskiej wierności podczas szkolenia w zakresie resuscytacji noworodków. Zbiórce wyniki pięciu badań jednoramiennych przed-po wykazały dużą korzyść z wykorzystania metody symulacji o wysokiej wierności w zakresie umiejętności (SMD 1,34; 95% CI 0,50-2,18). Metaanaliza dziesięciu RCT wykazała dużą korzyść w zakresie umiejętności (SMD 1,63; 95% CI 0,49-2,77) i umiarkowaną korzyść w zakresie wiedzy na temat resuscytacji noworodków (SMD 0,69; 95% CI 0,42-0,96) po treningu metodą symulacji o wysokiej wierności z w porównaniu z tradycyjnym treningiem. Dodatkowo wykazano umiarkowaną korzyść w zakresie umiejętności (SMD 0,64; 95% CI 0,06-1,21) i niewielką korzyść w zakresie wiedzy (SMD 0,39; 95% CI 0,08-0,71) w przypadku symulacji o wysokiej wierności w porównaniu z symulacją o niskiej wierności.

Brogaard i wsp. sprawdzali, w jaki sposób szkolenie zespołowe oparte na symulacji wpływa na wyniki pacjentek w nagłych przypadkach położniczych. Według przeprowadzonej metaanalizy, coroczne szkolenie zespołu ratownictwa położniczego może zmniejszyć ryzyko uszkodzenia splotu ramiennego (sześć badań kohortowych: OR=0,47, 95% CI 0,33-0,68; jedno RCT: OR=1,30, 95% CI 0,39-4,33, dane naukowe o niskiej pewności); nie miało jednak znaczenia w przypadku wyniku Apgar poniżej 7 po 5 minutach (trzy badania kohortowe: OR=0,77, 95% CI 0,51-1,19; dwa RCT: OR=0,87, 95% CI 0,72-1,05, dowody o umiarkowanej pewności). Najlepszy efekt wykazały badania obejmujące zespołowe szkolenie oparte na symulacji w warunkach in situ.

Sun i inni w swojej pracy analizowali publikacje porównujące skuteczność szkolenia opartego na symulacji ze szkoleniem nieopartym na symulacji w zakresie udrażniania dróg oddechowych pod względem wyników uczestników szkolenia i pacjentów. Do metaanalizy włączono siedemnaście badań. Szkolenie oparte na symulacji wiązało się z poprawą wyników w zakresie realizacji procedury [(SMD: 0,30, 95% CI: 0,06 do 0,54)] w porównaniu ze szkoleniem nieopartym na symulacji. Jednakże nie zaobserwowano korzyści ze szkolenia opartego na symulacji w zakresie umiejętności czasowych [(SMD: -0,13, 95% CI: -0,82 do 0,52)], wyników egzaminu pisemnego [(SMD: 0,39, 95% CI: -0,09 do 0,86)], wskaźnika powodzenia zakończenia procedury u pacjentów [(RR): 1,26, 95% CI: 0,96 do 1,66]. Autorzy ostatecznie doszli do wniosku, że szkolenie oparte na symulacji może nie być lepsze od szkolenia nieopartego na symulacji w zakresie udrażniania dróg oddechowych.

Lorelo i wsp. zsyntetyzowali dowody na skuteczność szkolenia z anestezjologii opartego na symulacji, uwzględniając badania wykorzystujące symulację do szkolenia pracowników ochrony zdrowia. Do metaanalizy włączyli 77 badań obejmujących 6066 uczestników. W porównaniu z brakiem interwencji (52 badania) symulacja była powiązana z umiarkowaną do dużej wielkością efektu (ES) zbiorczego dla wszystkich wyników (zakres ES 0,60-1,05) z wyjątkiem skutków dla pacjenta (ES -0,39). W porównaniu z nauczaniem bez symulacji (11 badań), symulacja wiązała się z umiarkowanymi efektami

w zakresie satysfakcji i umiejętności (odpowiednio ES 0,39 i 0,42), dużymi efektami dotyczącymi zachowania (1,77) i małym efektem jeśli chodzi o czas, wiedzę i efekty pacjenta (-0,18 do 0,23). W 17 badaniach porównujących alternatywne interwencje symulacyjne, szkolenie w zakresie umiejętności nietechnicznych (np. komunikacji) i techniki postępowania medycznego w porównaniu ze szkoleniem w zakresie samej techniki postępowania medycznego wiązało się z znikomym wpływem na wiedzę i umiejętności (cztery badania, zakres ES 0,14-0,15). Debriefing z wykorzystaniem wielu vs pojedynczych źródeł informacji wiązał się ze znikomym efektem w zakresie czasu i umiejętności (trzy badania, zakres ES -0,07 do 0,09). Według autorów zastosowanie symulacji w anestezjologii wydaje się być skuteczniejsze niż brak interwencji (z wyjątkiem wyników pacjenta) i nie gorsze od instrukcji niesymulacyjnych.

Beal i wsp. dokonali oceny efektywności symulacji oraz określenia najbardziej przydatnych metod symulacji w nauczaniu studentów medycyny intensywnej terapii. Dane z piśmiennictwa zsyntetyzowali w postaci metaanalizy włączającej 22 RCT (n=1325). W piętnastu badaniach porównujących symulację z innymi metodami nauczania stwierdzono, że symulacja jest bardziej skuteczna [SMD = 0,84; 95% CI = 0,43 do 1,24; P < 0,001; I = 89%]. Symulacja o wysokiej wierności była skuteczniejsza niż symulacja o niskiej wierności. Symulacja poprawiała nabywanie umiejętności (SMD = 1,01; 95% CI = 0,49 do 1,53), ale nie była lepsza niż inne metody, jeśli chodzi o nabywanie wiedzy (SMD = 0,41; 95% CI = -0,09 do 0,91).

Jak podkreślano w omawianych pracach, brakuje danych naukowych o wysokiej pewności, ze względu na poważne ryzyko stronniczości i niedokładności. Dodatkowo badania cechowała wysoka heterogeniczność. Konieczne jest opracowanie optymalnej metodologii, zapewniającej obiektywną ocenę uzyskanych efektów. W naszym badaniu jako obiektywną metodę oceny wykorzystano medyczny analizator symulacyjny (eCPR).

Wdrożenie symulacji medycznej wysokiej wierności do standardów nauczania studentów medycyny, a także w ramach kształcenia podyplomowego, może mieć znaczący i pozytywny wpływ na zdrowie publiczne. Jej przewaga nad innymi metodami szkolenia wynika ze zwiększenia efektywności procesu edukacyjnego, a także przybliżania rzeczywistości klinicznej bez narażania przy tym zdrowia pacjenta. Ponadto umożliwia szkolenie umiejętności potrzebnych w sytuacjach rzadko występujących, takich jak postępowanie w przypadku zatrzymania krążenia i oddechu. Przegląd systematyczny Brogaard i wsp. dotyczący symulacji stanów nagłych w położnictwie pokazuje, że szkolenie poprawia wyniki położnicze m. in. poprzez zmniejszenie częstości występowania zatrzymania krążenia. Jak wskazali autorzy przeglądu, korzystanie ze szkoleń symulacyjnych poprawia pewność siebie, pracowników. Jest korzystne również dla firm ubezpieczeniowych i systemów ubezpieczeń zdrowotnych, które dążą do zmniejszenia liczby roszczeń z tytułu błędów w sztuce. W końcu prowadzi do poprawy zadowolenia pacjentów i lepszych wskaźników bezpieczeństwa pacjentek położniczych. Choć szkolenie całego działu jest kosztowne, badania wykazały, że w dłuższej perspektywie jest ono opłacalne. Przeprowadzenie w Wielkiej Brytanii ogólnokrajowych szkoleń symula-

cyjnych przyniosło oszczędności w wysokości ponad miliarda GBP w porównaniu z uprzednią, standardową praktyką. Oznacza to oszczędności w wysokości co najmniej 1 miliona GBP na każdą uzyskaną jednostkę QALY.

Podsumowanie

Uczestnicy naszego badania po nauce z wykorzystaniem symulatorów wysokiej wierności zaobserwowali rozwój w obszarze zarówno wiedzy teoretycznej, jak i praktycznej z zakresu anestezjologii, intensywnej terapii i medycyny ratunkowej.

Nauczanie z wykorzystaniem symulacji wysokiej wierności ma potencjał istotnego wpływu na zdrowie publiczne przez poprawę jakości opieki zdrowotnej, zapobieganie występowaniu błędów medycznych i lepsze przygotowanie personelu medycznego do radzenia sobie w sytuacjach kryzysowych. Dalsze badania powinny się skupić na długofalowych efektach takiego nauczania (na przykład przez ponowną ocenę wiedzy i umiejętności po upływie określonego czasu). Aby wybrać najefektywniejszą ścieżkę nauczania, sugeruje się również porównywanie wyników pacjentów obsługiwanych przez zespoły przeszkolone różnymi metodami. Konieczne jest opracowanie optymalnej metodologii, zapewniającej obiektywną ocenę uzyskanych efektów. Na podstawie gromadzonych danych będzie można ocenić efektywność kosztową podejmowanych działań i ich rzeczywisty wpływ na zdrowie publiczne.

BIBLIOGRAFIA

1. Steadicam RH, Coates WC, Huang YM, et al. Simulation-based training is superior to problem-based learning for the acquisition of critical assessment and management skills. *Crit Care Med*. 2006;34(1):151-157
2. Ruesseler M, Weinlich M, Müller MP, Byhahn C, Marzi I, Walcher F. Simulation training improves ability to manage medical emergencies. *Emerg Med J*. 2010;27(10):734-738
3. Graber MA, Wyatt C, Kasperek L, Xu Y. Does simulator training for medical students change patient opinions and attitudes toward medical student procedures in the emergency department?. *Acad Emerg Med*. 2005;12(7):635-639
4. Morgan PJ, Cleave-Hogg D, McIlroy J, Devitt JH. Simulation technology: a comparison of experiential and visual learning for undergraduate medical students. *Anesthesiology*. 2002;96(1):10-16
5. OSCE pol. standaryzowany obiektywny egzamin kliniczny
6. Fanning RM, Gaba DM. The role of debriefing in simulation-based learning. *Simul Healthc*. 2007;2(2):115-125
7. Yang T, Buck S, Evans L, Auerbach M. A Telesimulation Elective to Provide Medical Students With Pediatric Patient Care Experiences During the COVID Pandemic. *Pediatr Emerg Care*. 2021;37(2):119-122
8. Miledler, L. P., Bereiter, M., & Wegscheider, T. (2021). Telesimulation as a modality for neonatal resuscitation training. *Medical education online*, 26(1), 1892017
9. Chow KM, Ahmat R, Leung AWY, Chan CWH. Is high-fidelity simulation-based training in emergency nursing effective in enhancing clinical decision-making skills? A mixed methods study. *Nurse Educ Pract*. 2023;69:103610
10. Herrera-Aliaga E, Estrada LD. Trends and Innovations of Simulation for Twenty First Century Medical Education. *Front Public Health*. 2022;10:619769
11. Brogaard L, Glerup Lauridsen K, Løfgren B, et al. The effects of obstetric emergency team training on patient outcome: A systematic review and meta-analysis. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2022;101(1):25-36
12. Yau CWH, Lenguerrand E, Morris S, Draycott T, Pizzo E. A model-based cost-utility analysis of multi-professional simulation training in obstetric emergencies. *PLoS One*. 2021;16(3):e0249031
13. Cheng A, Lockey A, Bhanji F, Lin Y, Hunt EA, Lang E. The use of high-fidelity manikins for advanced life support training--A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation*. 2015;93:142-149
14. Fransen AF, van de Ven J, Banga FR, Mol BWJ, Oei SG. Multi-professional simulation-based team training in obstetric emergencies for improving patient outcomes and trainees' performance. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020;12(12):CD011545
15. Huang J, Tang Y, Tang J, et al. Educational efficacy of high-fidelity simulation in neonatal resusci-

- tation training: a systematic review and meta-analysis. BMC Med Educ. 2019;19(1):323
16. Sun Y, Pan C, Li T, Gan TJ. Airway management education: simulation based training versus non-simulation based training-A systematic review and meta-analyses. BMC Anesthesiol. 2017;17(1):17
 17. Lorello GR, Cook DA, Johnson RL, Brydges R. Simulation-based training in anaesthesiology: a systematic review and meta-analysis. Br J Anaesth. 2014;112(2):231-245
 18. Beal MD, Kinnear J, Anderson CR, Martin TD, Wamboldt R, Hooper L. The Effectiveness of Medical Simulation in Teaching Medical Students Critical Care Medicine: A Systematic Review and Meta-Analysis. Simul Healthc. 2017;12(2):104-116

STRESZCZENIE

CELE Pandemia COVID-19 zmusiła do znalezienia alternatywnych metod nauczania studentów medycyny w dziedzinie anestezjologii, intensywnej terapii i medycyny ratunkowej. Obecnie niewiele prac badawczych poświęconych jest temu zagadnieniu. Ponadto dostępne badania nie oceniają obiektywnych parametrów, ale są analizami subiektywnych ankiet.

METODY Grupa badawcza składała się z 240 studentów medycyny od czwartego do szóstego roku. Poziom wiedzy teoretycznej (test wielokrotnego wyboru) i umiejętności praktycznych (OSCE) był mierzony dwukrotnie – przed i po zajęciach. Najpierw zastosowano standaryzowany kwestionariusz i standardowe oprogramowanie symulatora wysokiej wierności – SimMan 3G, mierząc głębokość, częstotliwość kompresji, czas relaksacji i procent poprawnej kompresji. Następnie dane te zostały poddane analizie statystycznej.

WYNIKI Zajęcia symulacyjne poprawiły wiedzę wszystkich studentów średnio o 20%, natomiast umiejętności pomiarowe o średnio 20,75%. Parametrem, który najbardziej poprawił się, była głębokość kompresji klatki piersiowej: kobiety zwiększyły ją o 0,8 cm, osiągając średnio 3,4 cm przy pierwszej próbie, a mężczyźni o 0,7 cm (4,0 cm przy pierwszej próbie). Ponadto, głębokość kompresji w pierwszej próbie była statystycznie niższa u kobiet. Dodatkowo, aby zwiększyć odsetek poprawnych kompresji, ich głębokość lub częstotliwość powinny być większe. Użycie symulatora przyczyniło się do osiągnięcia poprawnego czasu relaksacji we wszystkich przypadkach, skracając go lub wydłużając.

WNIOSKI Studenci zanotowali postęp zarówno w zakresie wiedzy, jak i umiejętności z zakresu anestezjologii, intensywnej terapii i medycyny ratunkowej przy użyciu symulatorów wysokiej wierności.

SŁOWA KLUCZOWE: RKO, ERC, COVID-19, anestezjologia, Intensywna terapia, symulatory

SUMMARY

PURPOSE The COVID-19 pandemic made it necessary to find alternative methods of teaching anesthesiology, intensive care and emergency medicine to medical students. Currently, few works are investigating that subject. Furthermore, the available studies do not evaluate objective parameters but are analyses of subjective questionnaires.

METHODS The study group comprised 240 4th-6th-year medicine students. The theoretical knowledge (MCQ) and practical skills (OSCE) levels were measured twice – before and after class. First, a standardized survey and standard high-fidelity simulator software – SimMan 3G were applied, measuring depth, compression frequency, relaxation time, and percentage of correct compressions. Then these data were statistically processed.

RESULTS Simulation classes improved all students' knowledge by an average of 20%, whereas measured skills by an average of 20.75%. The parameter that improved the most was the depth of chest compressions: women increased by 0.8 cm with an average of 3.4 cm in the first trial and men by 0.7 cm (4.0 cm in the first attempt). Moreover, compressions depth in the first trial was statistically lower among females. Additionally, the compression depth or the frequency should increase to improve the correct compressions percentage. Using simulator contributed to achieving the correct relaxation time in all subjects by shortening or lengthening it.

CONCLUSIONS Students registered development both in knowledge and skills within anaesthesiology, intensive care and emergency medicine by using high-fidelity simulators.

KEYWORDS: CPR, ERC, COVID-19, anaesthesiology, intensive care, simulators.