

**Analiza funkcjonalności
stetoskopów cyfrowych
w porównaniu
do stetoskopów klasycznych
w ocenie stanu pacjenta**

RAPORT Z BADAŃ



Analiza funkcjonalności stetoskopów cyfrowych
w porównaniu do stetoskopów klasycznych
w ocenie stanu pacjenta

Michał Gruszka, Łukasz Krywult, Wiktoria Witkowska,
lek. Elżbieta Leszczyńska-Knaga, Paweł Respondek,
Kamil Skubis, dr Karolina Sygulska

Analiza funkcjonalności stetoskopów cyfrowych w porównaniu do stetoskopów klasycznych w ocenie stanu pacjenta

RAPORT Z BADAŃ

Akademia WSB
WSB University

Dąbrowa Górnicza 2025

Autorzy:

Michał Gruszka, Łukasz Krywult, Wiktoria Witkowska,
lek. Elżbieta Leszczyńska-Knaga, Paweł Respondek, Kamil Skubis,
dr Karolina Sygulska

Recenzja:

dr n. med. Piotr Gościńiewicz

DTP publikacji

Wojciech Ciągło Studio DTP, www.dtp-studio.pl

Korekta

Anna Zdonek

ISBN: 978-83-67673-61-7

eISBN: 978-83-67673-62-4

Wydawca:

Akademia WSB

WSB University

ul. Ciepłaka 1c, 41-300 Dąbrowa Górnicza, tel. (32) 295 93 59

e-mail: wydawnictwo@wsb.edu.pl, www.wsb.edu.pl

© Copyright by Akademia WSB

Kopiowanie w całości lub we fragmentach zabronione
Dąbrowa Górnicza 2025

Druk i oprawa

Totem.com.pl



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Projekt finansowany ze środków budżetu państwa
przyznanych przez Ministra Nauki w ramach Programu
„Studenckie koła naukowe tworzą innowacje”

SPIS TREŚCI

Wstęp	7
-------------	---

CZĘŚĆ I

Wprowadzenie teoretyczne	9
--------------------------------	---

CZĘŚĆ II

Raport z badań	23
----------------------	----

Wstęp

Niniejsza broszura opracowana została w ramach projektu pn. „Analiza funkcjonalności stetoskopów cyfrowych w porównaniu do stetoskopów klasycznych w ocenie stanu pacjenta”, zrealizowanego w ramach programu Ministra Nauki „Studenckie Koła Naukowe tworzą innowację”. Przedmiotem badania była analiza użyteczności stetoskopów klasycznych i cyfrowych w diagnostyce pacjentów ze schorzeniami górnych dróg oddechowych, zwłaszcza w kontekście pracy ratownika medycznego, który często jest pierwszym ogniwem łańcucha diagnostycznego w przypadkach nagłych. Celem badania było ustalenie, czy zastosowanie stetoskopów cyfrowych może pozytywnie wpłynąć na pracę ratowników medycznych, a w szczególności czy klasyczne stetoskopy umożliwiają odbieranie dźwięków z organizmu w sposób optymalny, czy też przepuszczenie dźwięków przez filtry i cyfrowe przetworzenie może sprawić, że pewne cechy dźwięku staną się wyraźniejsze dla ludzkiego ucha, a tym samym łatwiejsze, szybsze i dokładniejsze będzie diagnozowanie pacjenta – co jest o tyle ważne, że ratownicy medyczni często znajdują się w sytuacjach, w których konieczne jest szybkie i precyzyjne rozpoznanie stanu pacjenta.

Grupę badawczą stanowił zespół składający się z członków Studenckiego Koła Naukowego Ratownictwa Medycznego „360J”, które funkcjonuje w Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej.

Wprowadzenie teoretyczne

Historia stetoskopu i jego znaczenie w medycynie

Stetoskop jest jednym z najbardziej rozpoznawalnych symboli zawodu lekarza czy ratownika medycznego. Pozostaje jednym z najczęściej używanych i najbardziej rozpoznawalnych instrumentów medycznych. Od ponad 200 lat służy jako podstawowe narzędzie diagnostyczne, umożliwiające nieinwazyjną ocenę dźwięków generowanych przez narządy wewnętrzne, szczególnie układ sercowo-naczyniowy i oddechowy. Pomimo rozwoju zaawansowanych technik obrazowania osłuchiwanie za pomocą stetoskopu pozostaje zasadniczym elementem badania fizykalnego pacjenta ze względu na dostępność, niski koszt oraz wartość kliniczną uzyskiwanych informacji. Wynalezienie stetoskopu miało kluczowe znaczenie dla diagnostyki, umożliwiając osłuchiwanie dźwięków wewnętrznych organizmu i dostarczając diagnostom cennych informacji na temat funkcjonowania układu oddechowego i sercowo-naczyniowego.

Historia stetoskopu sięga początku XIX wieku. Francuski lekarz René Laennec wynalazł pierwsze urządzenie tego typu w 1816 roku [1]. Chcąc uniknąć bezpośredniego przyłożenia ucha do klatki piersiowej pacjenta, Laennec skonstruował prostą tubę z drewna, która umożliwiła skuteczniejsze osłuchiwanie dźwięków serca i płuc. W kolejnych dekadach stetoskop był stopniowo udoskonalany – wprowadzono wersję binauralną, a następnie ulepszono materiały i konstrukcję w celu zwiększenia precyzji dźwiękowej [2].

Współcześnie stetoskopy są nieodłącznym elementem diagnostyki klinicznej. Służą do wykrywania arytmii, szmerów sercowych, zaburzeń oddechowych oraz innych patologii, które można wykryć poprzez osłuchiwanie dźwięków wewnętrznych ciała. Ich znaczenie w medycynie jest nie

do przecenienia – odgrywają kluczową rolę w diagnostyce w podstawowej opiece zdrowotnej, medycynie ratunkowej, kardiologii i pulmonologii [3].

Podział stetoskopów – klasyczne i cyfrowe

Obecnie stetoskopy dzielą się na dwa główne typy: klasyczne (akustyczne) i cyfrowe (elektroniczne). Stetoskop akustyczny, będący bezpośrednim następcą oryginalnego projektu Laenneca, wykorzystuje fale dźwiękowe przenoszone mechanicznie przez powietrze i tubę do uszu badającego. Konstrukcja ta opiera się na klasycznej zasadzie transmisji dźwięku, a jego skuteczność zależy od jakości membrany, przewodów dźwiękowych i szczelności uszczelnień [4].

W ostatnich dekadach rozwój technologii medycznych doprowadził do powstania stetoskopów cyfrowych, które mają liczne zalety w porównaniu z tradycyjnymi modelami. Stetoskop elektroniczny działa na zasadzie przetwarzania dźwięku – odbiera fale akustyczne za pomocą czułych mikrofonów i konwertuje je na sygnały elektroniczne, które następnie są wzmacniane i filtrowane w celu poprawy jakości dźwięku [5]. Dzięki temu badający może lepiej analizować subtelne dźwięki, które mogą być trudne do wychwycenia przy użyciu stetoskopu akustycznego, szczególnie w warunkach dużego hałasu, np. na oddziałach intensywnej terapii lub w środowisku ratownictwa medycznego [6].

Zasada działania stetoskopów klasycznych i cyfrowych

Stetoskopy klasyczne działają na podstawie przewodnictwa akustycznego, które pozwala na przekazywanie fal dźwiękowych bez użycia elektroniki. Składają się z kilku podstawowych elementów: głowicy, membrany, lejka, przewodów akustycznych, liry i oliwek usznych.

Głowica stanowi część stetoskopu kontaktującą się z ciałem pacjenta i typowo składa się z dwóch stron.

Membrana (diafragma) to płaska, okrągła powierzchnia, pokryta elastyczną membraną, która wibruje w odpowiedzi na dźwięki wysokiej częstotliwości (100–1000 Hz). Ogranicza ona transmisję dźwięków o niskiej częstotliwości, faworyzując tony wysokie, co jest szczególnie przydatne przy osłuchiwaniu tonów serca, szmerów naczyniowych i szmerów oddechowych o wysokiej częstotliwości.

Drugą stroną głowicy jest **lejek** (dzwon) – otwarty, stożkowy element, służący do wykrywania dźwięków o niskiej częstotliwości (20–100 Hz), szczególnie przydatny do osłuchiwania trzeciego i czwartego tonu serca oraz niektórych szmerów sercowych.

Przewody akustyczne (rurki) łączą głowicę z oliwkami usznymi. W nowoczesnych stetoskopach są wykonane z elastycznych materiałów syntetycznych (PVC, lateks, silikon), które minimalizują zakłócenia zewnętrzne i zapewniają optymalne przewodzenie dźwięku. Typowa konstrukcja obejmuje pojedynczy przewód od głowicy, który rozdziela się na dwa przewody prowadzące do oliwek usznych. W nowszych modelach stosuje się przewody o większej średnicy wewnętrznej (około 3–4 mm) i grubszych ściankach dla lepszej transmisji dźwięku. Długość przewodów wynosi standardowo 55–70 cm, co zapewnia ergonomiczną pozycję podczas badania.

System słuchowy stetoskopu uzupełniają **lira i oliwki uszne**. Lira to metalowa część w kształcie litery U, łącząca przewody akustyczne z oliwkami usznymi. Zapewnia ona odpowiednie napięcie, utrzymujące oliwki w kanałach słuchowych użytkownika. Oliwki uszne są elementami wkładanymi do przewodów słuchowych lekarza, typowo wykonanymi z silikonu lub gumy o różnych stopniach twardości, dostosowanych do użytkownika. Mogą mieć różne rozmiary i kształty (grzybkowe, stożkowe) dla zapewnienia optymalnej szczelności akustycznej i komfortu noszenia.

Metoda działania stetoskopu klasycznego jest stosunkowo prosta i niezawodna, jednak ograniczona pod względem możliwości wzmacniania i filtrowania dźwięków [7].

Rysunek 1. Stetoskop klasyczny – budowa



Źródło: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/Stethoscope-2.jpg>.

Działanie stetoskopu opiera się na podstawowych zasadach transmisji dźwięku przez różne ośrodki. Dźwięki generowane przez organy wewnętrzne są przenoszone przez tkanki ciała do powierzchni skóry. Gdy głowica stetoskopu jest umieszczona na skórze pacjenta, wibracje akustyczne są przekazywane do przewodów powietrznych stetoskopu. Sprawność tego procesu zależy od wielu czynników, takich jak: powierzchnia kontaktu głowicy ze skórą, impedancja akustyczna tkanek, ciśnienie przyłożenia głowicy oraz materiał i grubość membrany.

Selektywność częstotliwościowa stetoskopu jest kluczowym aspektem jego funkcjonalności. Mechanizm działania membrany polega na tym, że działa ona jak filtr akustyczny, który preferuje transmisję dźwięków o wyższej częstotliwości. Gdy membrana jest przyciśnięta do skóry pacjenta, nie może swobodnie wibrować jako całość, ale reaguje na drobne wibracje

o wysokiej częstotliwości. Z kolei mechanizm działania lejka opiera się na bezpośrednim kontakcie powietrza z powierzchnią skóry. Niskie częstotliwości powodują przemieszczanie większych objętości powietrza w lejku, co prowadzi do efektywniejszej transmisji dźwięków niskotonowych.

Wzmocnienie dźwięku w stetoskopach akustycznych jest osiągane głównie poprzez: dopasowanie impedancji akustycznej między źródłem dźwięku a uchem użytkownika, odpowiedni kształt i objętość przewodów akustycznych, szczelność połączeń między elementami stetoskopu oraz redukcję zakłóceń zewnętrznych przez izolację akustyczną przewodów. Wszystkie te czynniki wpływają na ostateczną jakość sygnału docierającego do uszu lekarza.

Materiały używane do produkcji różnych elementów stetoskopu mają istotny wpływ na jego właściwości akustyczne i trwałość. Głowice stetoskopów najczęściej wykonywane są ze stali nierdzewnej, która zapewnia dobrą transmisję dźwięku, trwałość i odporność na korozję. W modelach premium stosuje się tytan, który jest lżejszy od stali, ale oferuje podobne właściwości akustyczne. Tańsze modele mogą wykorzystywać aluminium, które jest lżejsze, ale mniej trwałe i o nieco gorszych właściwościach akustycznych. W niektórych modelach vintage stosuje się mosiądz, który jest cięższy, ale charakteryzuje się dobrymi właściwościami akustycznymi.

Membrany stetoskopów wykonywane są z różnych materiałów, które wpływają na ich czułość i trwałość. Standardowym materiałem w wielu modelach jest epoksydowe włókno szklane, zapewniające dobrą czułość. W modelach wysokiej klasy często wykorzystywane są kompozyty włókna węglowego, oferujące lepszą sztywność i transmisję dźwięku. Tańszą alternatywą o akceptowalnych parametrach akustycznych jest PVC.

Przewody stetoskopów produkowane są najczęściej z PVC, które oferuje dobry kompromis między elastycznością, trwałością i izolacją akustyczną. Silikon jest bardziej elastyczny i odporny na oleje i środki dezynfekcyjne, jednak droższy w produkcji. Lateks jest rzadziej stosowany ze względu na potencjał alergizujący. Nowsze materiały, takie jak elastomery termoplastyczne (TPE), charakteryzują się lepszą odpornością na uszkodzenia i zaginanie.

Na przestrzeni lat rozwinęło się kilka typów stetoskopów, dostosowanych do różnych potrzeb klinicznych. Stetoskop **akustyczny standardowy** jest najpowszechniejszym typem, charakteryzującym się dwustronną

głowicą (membrana i lejek). Przykładem jest Littmann Classic II SE lub MDF Acoustica. Konstrukcja ta zapewnia uniwersalność i możliwość osłuchiwania różnych typów dźwięków fizjologicznych i patologicznych.

Stetoskop **kardiologiczny** stanowi specjalistyczną odmianę stetoskopu akustycznego, zoptymalizowaną do osłuchiwania serca. Charakteryzuje się ulepszoną głowicą z większą, bardziej czułą membraną, często wyposażoną w dodatkową, mniejszą membranę zamiast tradycyjnego lejka (np. Littmann Cardiology IV). Stetoskopy kardiologiczne posiadają również grubsze przewody (często podwójne lumeny) dla lepszej izolacji akustycznej oraz specjalne systemy eliminacji szumów, jak technologia dwulumenowa.

Do badania dzieci i niemowląt zaprojektowano stetoskop **pediatryczny**. Wyróżnia go mniejsza głowica (średnica 30–35 mm, w porównaniu do 45–50 mm w modelach dla dorosłych) oraz delikatniejsza membrana, o wyższej czułości na subtelne dźwięki. Stetoskopy pediatryczne często posiadają kolorowe elementy dla zmniejszenia lęku u małych pacjentów.

Najnowszą generację stetoskopów reprezentuje **stetoskop elektroniczny** (cyfrowy), wykorzystujący zaawansowane technologie cyfrowe. Wyposażony jest w przetwornik zamieniający sygnały akustyczne na elektryczne, wzmacniacz elektronicznie wzmacniający sygnały dźwiękowe oraz filtry cyfrowe umożliwiające selektywne słuchanie określonych zakresów częstotliwości. Bardziej zaawansowane modele posiadają również wyświetlacz, prezentujący wizualizację dźwięków w czasie rzeczywistym, moduł pamięci umożliwiający zapis i odtwarzanie zarejestrowanych dźwięków oraz interfejs bezprzewodowy, pozwalający na transmisję danych do innych urządzeń. Przykładowymi modelami są Littmann 3200, Thinklabs One oraz Eko Core.

Stetoskop cyfrowy, oprócz rejestracji dźwięku, posiada dodatkowe funkcje umożliwiające jego cyfrową obróbkę. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych mikrofonów i przetworników stetoskopy cyfrowe mogą wzmacniać sygnały nawet 20-krotnie, co ułatwia diagnostykę subtelnych nieprawidłowości, takich jak niewielkie szmery sercowe czy wczesne objawy zapalenia płuc [8]. Ponadto niektóre modele wyposażone są w moduły Bluetooth, umożliwiające zapis i przesyłanie nagrań dźwiękowych do analizy komputerowej lub telemedycznej konsultacji [9]. Stetoskop cyfrowy różni się od klasycznego przede wszystkim sposobem rejestrowania i przetwarzania dźwięku. Zamiast mechanicznego przewodnictwa akustycznego wykorzystuje on

elektroniczne czujniki dźwięku, co pozwala na znaczącą poprawę jakości osłuchiwania.

Kluczowe elementy stetoskopu cyfrowego:

- **Czujnik akustyczny** (mikrofon piezoelektryczny lub MEMS) – zamiast membrany stetoskop cyfrowy używa mikrofonów rejestrujących fale dźwiękowe. Mikrofony te są bardzo czułe i mogą rejestrować dźwięki o różnych częstotliwościach, jednocześnie redukując hałas otoczenia.
- **Procesor cyfrowy** (DSP – *Digital Signal Processing*) – po przechwyceniu dźwięku sygnał jest wzmacniany i filtrowany w celu eliminacji szumów oraz wzmocnienia określonych zakresów częstotliwości. Zaawansowane modele pozwalają na wybór różnych trybów pracy, np. osłuchiwania serca, płuc czy układu naczyniowego.
- **Wzmacniacz audio** – przetworzony dźwięk jest wzmacniany i przekazywany do słuchawek użytkownika, co umożliwia jego lepszą percepcję nawet w trudnych warunkach akustycznych. Niektóre modele pozwalają na regulację głośności osłuchiwania.
- **Interfejs cyfrowy** – nowoczesne stetoskopy cyfrowe często umożliwiają zapisywanie nagranych dźwięków i przesyłanie ich do urządzeń mobilnych lub komputerów. Taka funkcjonalność jest szczególnie przydatna w telemedycynie oraz w celach edukacyjnych.

Dzięki zastosowaniu technologii cyfrowej stetoskopy tego typu oferują szereg zalet, takich jak możliwość rejestracji dźwięków, ich późniejsza analiza, a także kompatybilność z systemami telemedycznymi i sztuczną inteligencją wspierającą diagnostykę.

Rysunek 2. Stetoskop cyfrowy – budowa



Źródło: https://littmann.3mpolska.pl/3M/pl_PL/p/pc/stethoscopes/digital-stethoscopes/

Postęp technologiczny i potencjał stetoskopów cyfrowych

Coraz więcej badań wskazuje na korzyści płynące z wykorzystania stetoskopów cyfrowych, zwłaszcza w kontekście telemedycyny oraz sztucznej inteligencji wspomagającej diagnostykę [10]. Współczesne stetoskopy cyfrowe mogą być zintegrowane z algorytmami analizującymi dźwięki serca i płuc, co pozwala na wykrycie patologii z większą precyzją, niż tradycyjne osłuchiwanie przez badającego [11]. Badania porównawcze wykazują, że stetoskopy cyfrowe pozwalają na większą czułość i specyficzność diagnostyczną,

co może mieć istotne znaczenie w diagnostyce chorób serca i układu oddechowego [12].

Tabela 1. Porównanie parametrów stetoskopów akustycznych i elektronicznych

Parametr	Stetoskop akustyczny	Stetoskop elektroniczny
Zakres częstotliwości	20–1000 Hz	20–2000 Hz
Wzmocnienie	pasywne (1–15x)	aktywne (do 40x)
Filtracja	podstawowa, mechaniczna	zaawansowana, cyfrowa
Zapis dźwięku	nie	tak
Trwałość użytkowa	wysoka	średnia (zależna od elektroniki)
Koszt	niski do średniego	wysoki
Zależność od zasilania	nie	tak

Wpływ długości przewodów na jakość dźwięku

Badania wykazują, że optymalna długość przewodów wynosi 55–70 cm. Dłuższe przewody prowadzą do większego tłumienia dźwięku, szczególnie wysokich częstotliwości. Dla każdych dodatkowych 10 cm powyżej optymalnej długości obserwuje się spadek intensywności dźwięku o około 1–2 dB.

Wpływ średnicy przewodów na transmisję dźwięku

Przewody o większej średnicy wewnętrznej (3–4 mm) zapewniają lepszą transmisję niskich częstotliwości w porównaniu do przewodów o mniejszej średnicy. Jednocześnie grubsze ścianki przewodów zapewniają lepszą izolację od szumów zewnętrznych.

Jednocześnie istnieją wyzwania związane z powszechnym wdrażaniem stetoskopów cyfrowych w praktyce klinicznej. Wysoka cena urządzeń, konieczność szkolenia personelu oraz potencjalne problemy z interoperacyjnością systemów informatycznych stanowią bariery, które mogą ograniczać ich popularność w codziennej praktyce [13]. Niemniej jednak rozwój technologii oraz coraz większa liczba badań potwierdzających skuteczność stetoskopów cyfrowych sugerują, że ich rola w diagnostyce będzie rosła w nadchodzących latach [14]. W piśmiennictwie naukowym ostatnich lat

dotyczącym wykorzystania stetoskopów cyfrowych w medycynie podkreśla się ich pozytywny wpływ na podniesienie jakości i komfortu użytkowania przez personel medyczny [15].

Zastosowanie stetoskopu w diagnostyce

Stetoskop jest jednym z podstawowych narzędzi diagnostycznych stosowanych w medycynie, umożliwiającym osłuchiwanie narządów wewnętrznych w celu wykrycia nieprawidłowości. Jego zastosowanie obejmuje szeroki zakres schorzeń, szczególnie tych związanych z układem oddechowym, sercowo-naczyniowym oraz pokarmowym.

Schorzenia układu oddechowego

Jednym z głównych zastosowań stetoskopu jest diagnostyka chorób płuc i oskrzeli. W przypadku infekcji dolnych dróg oddechowych, takich jak zapalenie płuc (pneumonia), lekarz może za pomocą stetoskopu wykryć obecność trzeszczeń (*rales*) – charakterystycznych drobnobańkowych dźwięków, świadczących o nagromadzeniu płynu w pęcherzykach płucnych. Przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP) oraz astma oskrzelowa to inne schorzenia, w których stetoskop pozwala ocenić obecność świstów (*wheezing*), czyli wysokotonowych dźwięków spowodowanych zwężeniem oskrzeli. U pacjentów z odmą opłucnową stetoskop umożliwia wykrycie osłabienia lub całkowitego zaniku szmerów oddechowych po stronie uszkodzonego płuca. W zatorowości płucnej natomiast może być słyszalny przyspieszony, powierzchowny oddech oraz objawy towarzyszące, takie jak tachykardia.

Choroby układu sercowo-naczyniowego

Stetoskop odgrywa kluczową rolę w ocenie funkcji serca, umożliwiając wykrycie nieprawidłowych tonów i szmerów. W przypadku niewydolności serca mogą być obecne trzecie i czwarte tony serca (tzw. rytm cwałowy), które wskazują na zaburzoną funkcję skurczową lub rozkurczową lewej komory. Wady zastawkowe serca, takie jak zwężenie zastawki aortalnej czy niedomykalność zastawki mitralnej, często manifestują się jako głośne szmery, które lekarz może rozpoznać na podstawie ich umiejscowienia, głośności oraz charakteru. Nadciśnienie tętnicze może powodować wzmożoną aktywność serca, co jest słyszalne w postaci wzmocnionych tonów sercowych, a w zaawansowanych przypadkach również szmerów wskazujących

na przerost lewej komory. W stanach takich jak zapalenie osierdzia stetoskop pozwala na wykrycie tarcia osierdziowego – charakterystycznego chropowatego dźwięku, wynikającego z ocierania się zmienionych zapalnie blaszek osierdzia.

Zastosowanie w diagnostyce układu pokarmowego

Stetoskop jest także używany do oceny perystaltyki jelit i wykrywania zaburzeń motorycznych przewodu pokarmowego. Niedrożność jelit może być diagnozowana na podstawie braku perystaltycznych dźwięków (tzw. cisza brzuszna) lub obecności wysokotonowych, metalicznych dźwięków, wskazujących na nadmierną aktywność skurczową jelit, próbujących pokonać przeszkodę mechaniczną. W zapaleniu otrzewnej często obserwuje się osłabienie lub całkowity brak dźwięków perystaltycznych, co świadczy o porażonej niedrożności jelit. W przypadku zespołu jelita drażliwego stetoskop pozwala zaobserwować wzmożoną aktywność perystaltyczną, szczególnie u pacjentów z dominującymi objawami wzdęć i biegunek.

Inne zastosowania stetoskopu

Poza diagnostyką serca, płuc i przewodu pokarmowego stetoskop znajduje również zastosowanie w ocenie przepływu krwi w tętnicach i żyłach. W przypadku zwężeń tętnic szyjnych, które mogą prowadzić do udaru, stetoskop pozwala wykryć szmery naczyniowe (tzw. *bruit*), będące wynikiem turbulentnego przepływu krwi przez zwężone naczynia. Tętniak aorty brzusznej może czasem manifestować się jako charakterystyczny szmer naczyniowy w okolicy nadbrzusza. W diagnostyce zakrzepicy żył głębokich, szczególnie w kończynach dolnych, stetoskop może być używany do oceny zaburzeń przepływu krwi poprzez osłuchiwanie naczyń.

Choroby układu krążenia i układu oddechowego w Polsce i na świecie

Choroby układu krążenia i oddechowego należą do najczęstszych przyczyn zachorowalności i śmiertelności zarówno w Polsce, jak i na świecie. Są to schorzenia przewlekłe, które obciążają systemy opieki zdrowotnej, wpływające na jakość życia pacjentów oraz generujące wysokie koszty leczenia i hospitalizacji. W ostatnich dekadach obserwuje się dynamiczne zmiany w zakresie częstości ich występowania, co wynika m.in.

z postępu medycyny, poprawy diagnostyki, zmian stylu życia oraz czynników środowiskowych.

Przedstawione poniżej dane ilustrują skalę tych chorób w Polsce i na świecie, uwzględniając liczbę zachorowań oraz współczynnik śmiertelności. W Polsce szczególnie dużym problemem pozostaje nadciśnienie tętnicze, które dotyka aż 10 milionów osób, a także choroba niedokrwienna serca i przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP), których konsekwencje często prowadzą do poważnych powikłań i zwiększenia śmiertelności. Globalne statystyki pokazują podobne trendy, z wyraźnym wzrostem liczby przypadków w krajach rozwijających się, gdzie dostęp do profilaktyki i leczenia jest ograniczony.

Porównanie danych krajowych z globalnymi pozwala lepiej zrozumieć epidemiologię tych schorzeń i wskazuje na obszary wymagające intensyfikacji działań profilaktycznych oraz optymalizacji strategii terapeutycznych. Analiza ta może stanowić istotne narzędzie w planowaniu polityki zdrowotnej oraz w podejmowaniu decyzji klinicznych, mających na celu zmniejszenie obciążenia związanego z tymi chorobami. Poniżej przedstawiono szczegółowe dane dotyczące częstości występowania oraz śmiertelności pięciu kluczowych chorób układu oddechowego i krążenia.

Tabela 2. Choroby układu oddechowego i krążenia w Polsce

Choroba	Liczba przypadków rocznie	Śmiertelność
Choroba niedokrwienna serca	400 000	18%
Przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP)	2 000 000	7%
Astma oskrzelowa	4 000 000	2%
Niewydolność serca	600 000	14%
Nadciśnienie tętnicze	10 000 000	5%

Źródło: Narodowy Fundusz Zdrowia, GUS, Instytut Kardiologii.

Tabela 3. Choroby układu oddechowego i krążenia na świecie

Choroba	Liczba przypadków rocznie (globalnie)	Śmiertelność
Choroba niedokrwienna serca	18 000 000	20%
POChP	300 000 000	5%
Astma oskrzelowa	262 000 000	1,5%
Niewydolność serca	64 000 000	10%
Nadciśnienie tętnicze	1 280 000 000	7%

Źródło: WHO, American Heart Association, European Respiratory Society.

Raport z badań

Przedmiot i cel badań

Przedmiotem badań była analiza użyteczności stetoskopów klasycznych i cyfrowych w diagnostyce pacjentów ze schorzeniami górnych dróg oddechowych, zwłaszcza w kontekście pracy ratownika medycznego, który często jest pierwszym ogniwem łańcucha diagnostycznego w przypadkach nagłych. Celem badań było ustalenie, czy zastosowanie stetoskopów cyfrowych może pozytywnie wpłynąć na pracę ratowników medycznych, a w szczególności czy klasyczne stetoskopy umożliwiają odbieranie dźwięków z organizmu w sposób optymalny, czy też przepuszczenie dźwięków przez filtry i cyfrowe przetworzenie może sprawić, że pewne cechy dźwięku staną się wyraźniejsze dla ludzkiego ucha, a tym samym łatwiejsze, szybsze i dokładniejsze będzie diagnozowanie pacjenta. Jest to o tyle ważne, że ratownicy medyczni często znajdują się w sytuacjach, w których konieczne jest szybkie i precyzyjne rozpoznanie stanu pacjenta.

Badanie koncentrowało się na porównaniu obu typów stetoskopów pod kątem ich skuteczności w identyfikacji specyficznych szmerów oddechowych, które mogą wskazywać na obecność schorzeń, takich jak: infekcje górnych dróg oddechowych, astma czy inne choroby układu oddechowego.

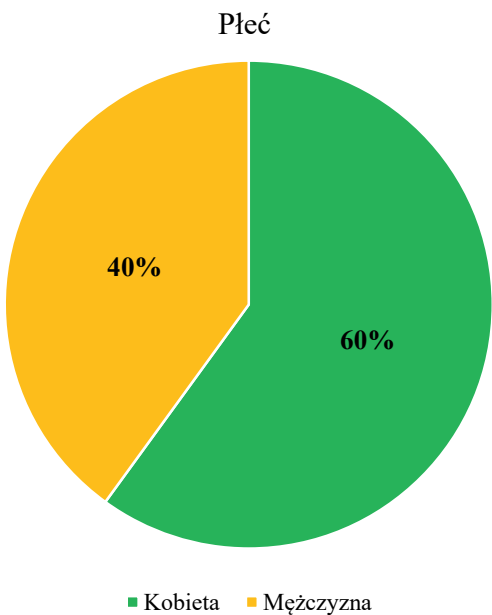
Postawiono hipotezę, że technologia cyfrowa, która stosuje filtry akustyczne i cyfrowe przetwarzanie dźwięku, poprawia jakość dźwięku, co ułatwia wykrywanie subtelnych zmian w organizmach pacjentów, przekładając się ostatecznie na szybsze, bardziej precyzyjne i efektywne diagnozowanie pacjentów, szczególnie w warunkach dużego hałasu lub przy trudnych do uchwycenia dźwiękach.

Metodyka badań

W projekcie przyjęto ilościową strategię badań. Na początku opracowano kartę badania, na której zapisywane były stawiane diagnozy i czasy wykonania badań osłuchowych pacjentów. Opracowano także kwestionariusz ankiety, którą pacjenci anonimowo wypełniali po zakończonych badaniach. Karty badania były kodowane w celu ochrony danych osobowych pacjentów. Każdy pacjent miał przypisany kod od P1 do P40. Te same kody wykorzystane zostały również przez opiekuna koła – wykwalifikowanego ratownika medycznego, który również osłuchiwał każdego pacjenta w celu weryfikacji, czy diagnozy postawione przez studentów były prawidłowe. Kolejnym krokiem było przeprowadzenie wizyt kwalifikacyjnych dla pacjentów, w których wzięło udział 60 osób dorosłych.

Spośród tej grupy do badań właściwych zakwalifikowano 40 pacjentów, z możliwymi do zdiagnozowania za pomocą stetoskopu schorzeniami w obrębie górnych dróg oddechowych. Ponadto warunkiem objęcia badaniem był taki stan pacjentów, który w realnych warunkach pozwoliłby ratownikowi medycznemu określić, czy pacjent powinien zostać zabrany na SOR, czy też powinien udać się samodzielnie do lekarza pierwszego kontaktu. Do badań właściwych zakwalifikowano 24 kobiety oraz 16 mężczyzn. Procentowy rozkład badanych ze względu na płeć przedstawiono na wykresie 1.

Wykres 1. Rozkład badanych ze względu na płeć



Źródło: opracowanie własne.

Uczestnicy badania byli zróżnicowani wiekowo, przy czym najwięcej osób było w wieku 51–60 lat, a najmniejszą grupę stanowiły osoby powyżej 70. roku życia. Podział badanych ze względu na wiek przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Rozkład badanych ze względu na wiek

Wiek	N	Procent
18–30 lat	3	8%
31–40 lat	6	15%
41–50 lat	7	18%
51–60 lat	13	33%
61–70 lat	9	23%
powyżej 70 lat	2	5%

Źródło: opracowanie własne.

Osoby zakwalifikowane do badań właściwych były osłuchiwane kolejno przez zespół badaczy wyposażonych w stetoskopy cyfrowe (grupa A – 20 osób), a następnie przez drugi zespół, wyposażony w stetoskopy klasyczne z głowicą jednostronną (grupa B – 20 osób). Studenci z poszczególnych zespołów badawczych zapisywali postawioną przez siebie diagnozę na karcie badania, bez konsultacji z pacjentem oraz innymi badaczami. Podczas badania monitorowany był czas osłuchiwania pacjenta potrzebny do postawienia diagnozy, co miało na celu sprawdzenie, czy zmienia się on w zależności od rodzaju użytego stetoskopu. W przypadku 10 osób badania wykonywane były z puszczonego w tle z głośnika dźwiękiem, który miał imitować gwar panujący podczas prawdziwej interwencji (rozmowy, hałas ruchu ulicznego itp.) dla urealnienia sytuacji pracy ratownika medycznego. Po badaniach z udziałem pacjentów studenci ocenili jakość słyszanych dźwięków oraz poziom trudności przeprowadzenia badania.

Dzięki tej procedurze zebrano dane ilościowe, które następnie zostały przeanalizowane przez zespół badawczy z użyciem podstawowych narzędzi statystycznych programu Excel.

Wyniki

Ocena osób wykonujących badania osłuchowe

Zarówno w przypadku badań prowadzonych w warunkach bez dodatkowych zakłóceń, jak i w warunkach dodatkowego dźwięku imitującego hałas uliczny, zespół badawczy prowadzący diagnostykę pacjenta z wykorzystaniem stetoskopu cyfrowego ocenił bardzo wysoko i wysoko słyszalność oraz jakość szmerów oddechowych. Wyniki zaprezentowano w tabeli 5.

Tabela 5. Słyszalność i jakość szmerów oddechowych podczas badania pacjentów stetoskopem cyfrowym

Ocena słyszalności i jakości dźwięku	Badanie bez dodatkowego hałasu		Badanie z dodatkowym hałasem w tle	
	N	Procent	N	Procent
Bardzo wysoko	19	95%	18	90%
Wysoko	1	5%	2	10%
Umiarkowanie	0	0%	0	0%
Nisko	0	0%	0	0%
Bardzo nisko	0	0%	0	0%

Źródło: opracowanie własne.

Z kolei studenci stanowiący zespół badawczy posługujący się podczas badań stetoskopem klasycznym dostrzegli wpływ hałasu na słyszalność i jakość dźwięku. Zdaniem tego zespołu jakość słyszanych szmerów oddechowych podczas badań w cichych warunkach była bardzo wysoka i wysoka. Jednak gdy badania prowadzone były w warunkach wzmożonego hałasu, zaledwie 10% badaczy oceniło słyszalność i jakość dźwięku bardzo wysoko, a 25% wysoko. Szczegółowe wyniki zaprezentowano w tabeli 6.

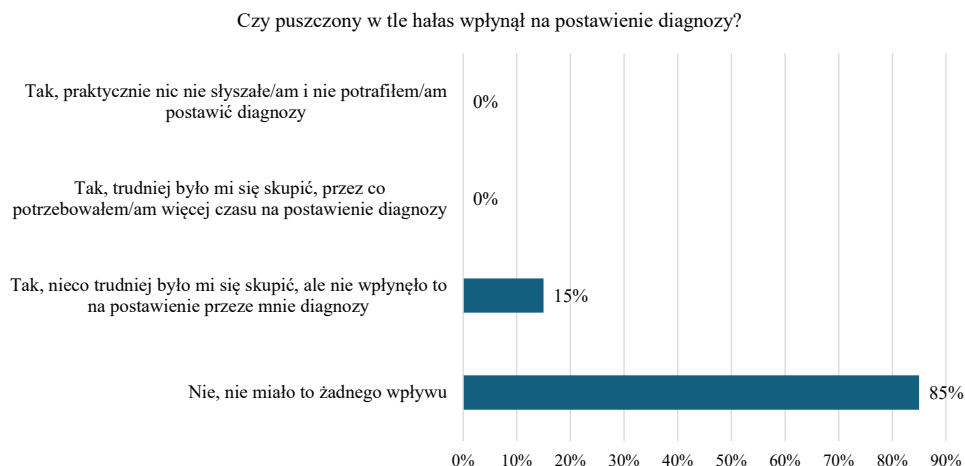
Tabela 6. Słyszalność i jakość szmerów oddechowych podczas badania pacjentów stetoskopem klasycznym

Ocena słyszalności i jakości dźwięku	Badanie bez dodatkowego hałasu		Badanie z dodatkowym hałasem w tle	
	N	Procent	N	Procent
Bardzo wysoko	16	80%	2	10%
Wysoko	4	20%	6	25%
Umiarkowanie	0	0%	8	40%
Nisko	0	0%	4	20%
Bardzo nisko	0	0%	0	0%

Źródło: opracowanie własne.

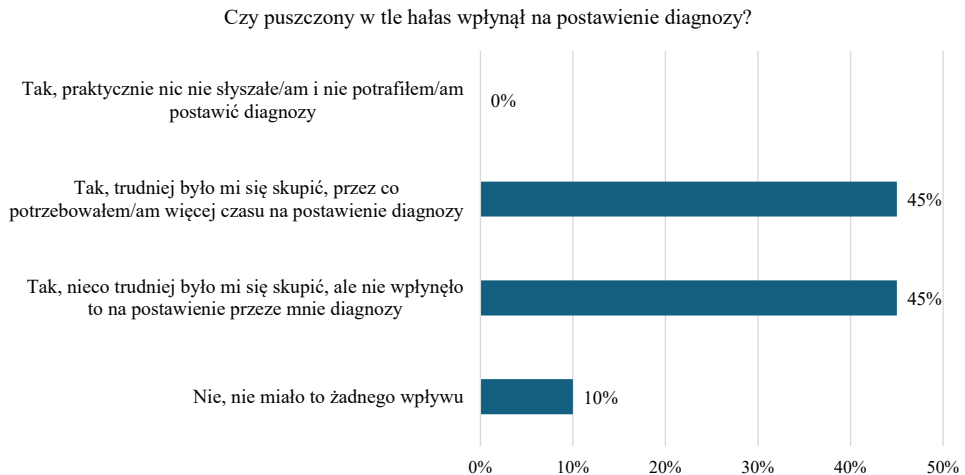
Zespół badawczy ocenił także wpływ puszczonego w tle dźwięku na postawienie diagnozy. Zdaniem osób diagnozujących pacjentów przy pomocy stetoskopów cyfrowych puszczonego w tle dźwięk imitujący uliczny gwar nie miał wpływu na postawienie diagnozy, natomiast w przypadku badań z wykorzystaniem stetoskopów klasycznych wpływ dostrzegła prawie połowa członków tego zespołu badawczego (45%). Odpowiedzi członków zespołów badawczych A i B zaprezentowano na wykresach 2 i 3.

Wykres 2. Wpływ hałasu na możliwość postawienia diagnozy podczas badania stetoskopem cyfrowym



Źródło: opracowanie własne.

Wykres 3. Wpływ hałasu na możliwość postawienia diagnozy podczas badania stetoskopem klasycznym



Źródło: opracowanie własne.

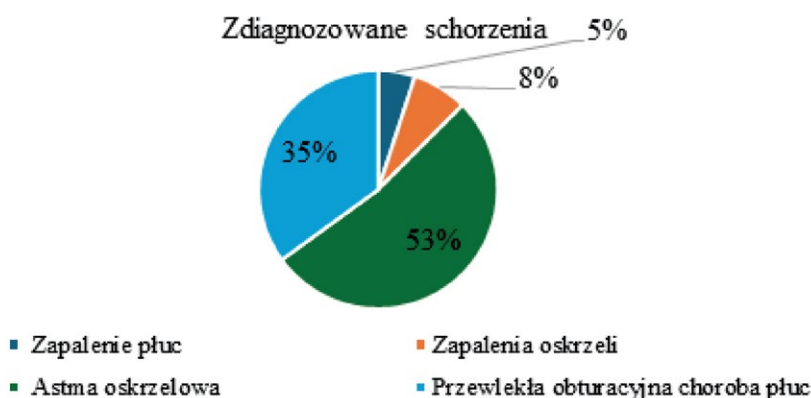
Trafność diagnozy

Spośród 40 pacjentów, którzy zakwalifikowali się do udziału w badaniach, 5 miało dolegliwości w obszarze układu oddechowego wynikające ze zdiagnozowanej wcześniej choroby. Pozostali pacjenci mieli dolegliwości, które nie były wcześniej diagnozowane i oni nie znali ich przyczyny. Osoby te, po zakończeniu badań prowadzonych przez zespoły badawcze składające się ze studentów – członków Koła Naukowego Ratownictwa Medycznego „360J”, zostały dodatkowo osłuchane przez wykwalifikowanego ratownika medycznego z wieloletnim doświadczeniem. Pozwoliło to zweryfikować trafność diagnoz postawionych przez studentów.

W przypadku 30 pacjentów, którzy badani byli w warunkach bez dodatkowych zakłóceń w tle, wszyscy studenci, zarówno z zespołu badawczego A (badania stetoskopem cyfrowym), jak i zespołu B (badania stetoskopem klasycznym), postawili takie same diagnozy dla poszczególnych pacjentów. Diagnozy te były tożsame z diagnozami, które wcześniej znali już pacjenci lub diagnozami postawionymi przez ratownika medycznego (dot. osób wcześniej niediagnozowanych). W przypadku pacjentów, których badania odbywały się z puszczone w tle dźwiękiem imitującym uliczny gwar, odpowiedzi studentów z zespołów A i B nie były w pełni zgodne. Dwoje

studentów badających pacjentów stetoskopem klasycznym postawiło inne diagnozy niż pozostałe osoby. Pierwsza osoba błędnie zdiagnozowała pacjentów o numerach P31 oraz P36, a druga osoba pacjenta o numerze P31. Niemniej jednak zdecydowana większość diagnoz była prawidłowa. Zdiagnozowane schorzenia zaprezentowano na wykresie 4.

Wykres 4. Schorzenia zdiagnozowane u uczestników badań



Źródło: opracowanie własne

Czas badania

Średni czas badania pacjentów z zastosowaniem stetoskopów cyfrowych (zespół A) w warunkach bez dodatkowych zakłóceń, który pozwolił studentom na postawienie diagnozy, wyniósł 72,19 sekundy. Studenci badający pacjentów stetoskopami klasycznymi potrzebowali średnio o 4,98 sekundy więcej, by postawić diagnozę. Oznacza to, że średni czas badania stetoskopem cyfrowym jest o niecałe 6,5% krótszy, niż czas badania stetoskopem klasycznym. Nieco większy wpływ ma rodzaj wykorzystywanego do badania stetoskopu w warunkach, w których występuje hałas zewnętrzny. Badanie stetoskopem cyfrowym z dodatkowo puszczonego w tle dźwiękiem imitującym hałas uliczny trwało średnio 87,5 sekundy. Był to czas, jakiego studenci z grupy A potrzebowali, aby postawić diagnozę. Studenci, którzy przeprowadzali badania stetoskopami klasycznymi, stawiali w tych warunkach diagnozę po badaniu trwającym średnio 96,57 sekundy. Oznacza to, że zastosowanie stetoskopu cyfrowego w warunkach wzmożonego hałasu skraca czas potrzebny do badania i postawienia diagnozy średnio o 9,4%. Wyniki zawarto w tabeli 7.

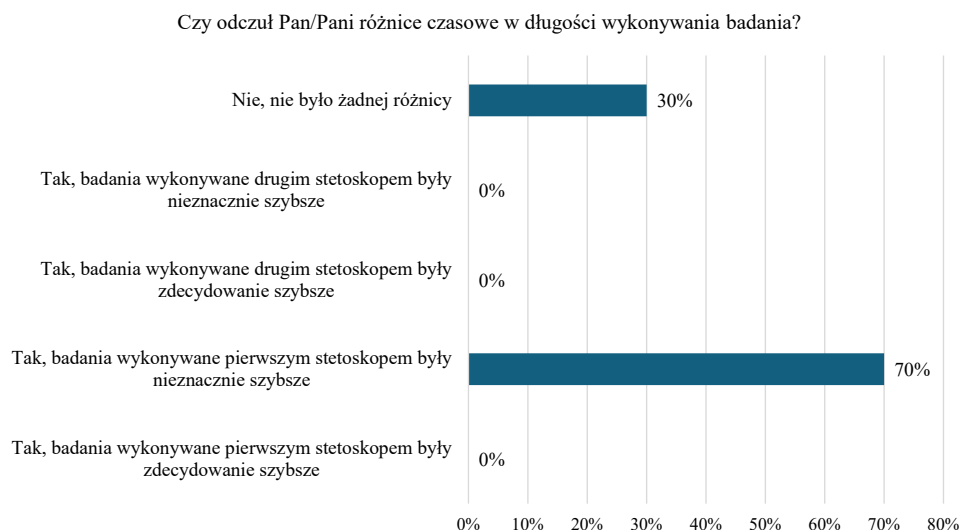
Tabela 7. Średni czas badania stetoskopem klasycznym i cyfrowym

	Średni czas badania [s]		Różnica
	Grupa A stetoskop cyfrowy	Grupa B stetoskop klasyczny	
bez dodatkowego hałasu	72,19	77,17	4,98
z hałasem w tle	87,5	96,57	9,07

Źródło: opracowanie własne.

Opinia pacjentów

Pacjenci uczestniczący w badaniach nie dostrzegali znaczącej różnicy czasowej w długości wykonywania badania. Część pacjentów odczuła co prawda różnicę na korzyść stetoskopów cyfrowych¹, natomiast była to różnica nieznaczna. Odpowiedzi pacjentów zaprezentowano na wykresie 5.

Wykres 5. Czas badania w opinii pacjentów

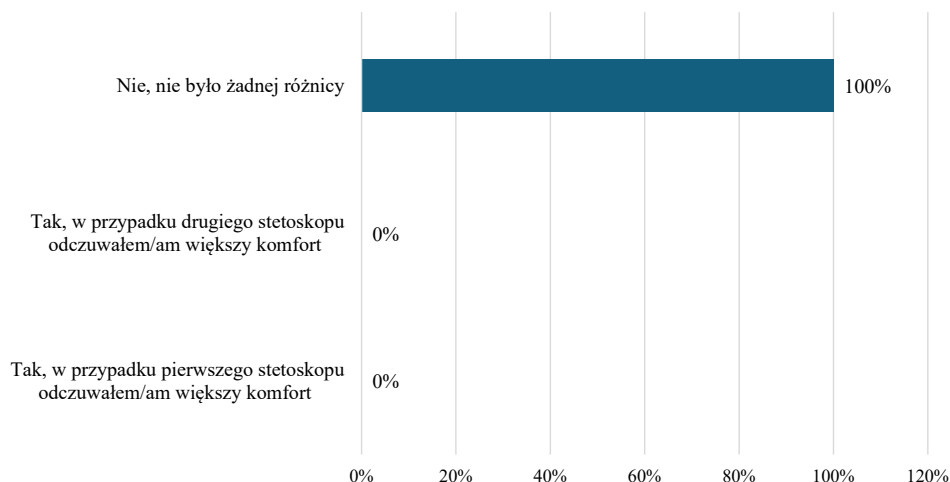
Źródło: opracowanie własne.

Pacjenci nie dostrzegli także różnicy, jeśli chodzi o ich komfort podczas badania, co pokazuje wykres 6.

¹ Każdy pacjent badany był w pierwszej kolejności stetoskopami cyfrowymi, a następnie klasycznymi.

Wykres 6. Komfort pacjentów podczas badania

Czy odczuwał Pan/Pani różnicę w komforcie podczas badania różnymi stetoskopami?



Źródło: opracowanie własne.

Pacjenci uczestniczący w badaniach mogli także wpisać w ankiecie swoje uwagi lub spostrzeżenia, jednak żaden z uczestników badania nie skorzystał z tej możliwości.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania miały na celu ocenę użyteczności stetoskopów klasycznych i cyfrowych w diagnostyce pacjentów ze schorzeniami układu oddechowego, szczególnie w kontekście pracy ratowników medycznych. Analiza porównawcza została przeprowadzona na grupie 40 pacjentów, u których badania osłuchowe wykonali członkowie Studenckiego Koła Naukowego Ratownictwa Medycznego „360J” Akademii WSB. W badaniach uwzględniono także wpływ hałasu zewnętrznego na jakość odbieranych dźwięków osłuchowych oraz prawidłowość diagnoz.

Analiza uzyskanych wyników pokazała, że stetoskopy cyfrowe zapewniają wyższą jakość słyszanych dźwięków w porównaniu do stetoskopów klasycznych. W warunkach cichych 95% badaczy oceniło słyszalność szmerów oddechowych jako bardzo wysoką przy użyciu stetoskopów cyfrowych, podczas gdy w przypadku stetoskopów klasycznych odsetek ten wyniósł 80%. Różnice były jeszcze wyraźniejsze w obecności hałasu – stetoskopy

cyfrowe utrzymały wysoką jakość dźwięku, a klasyczne znacząco traciły skuteczność. Stetoskop cyfrowy pozwolił na wyizolowanie i wzmocnienie dźwięków osłuchowych, dzięki czemu studenci nie mieli problemów z ich odbiorem.

Hałas zewnętrzny nie miał istotnego wpływu na postawienie diagnozy w grupie korzystającej ze stetoskopów cyfrowych, natomiast niemal połowa badaczy używających stetoskopów klasycznych zgłosiła trudności w diagnozowaniu, przy czym tylko w 3 przypadkach trudności te doprowadziły do postawienia błędnych rozpoznań.

Średni czas osłuchiwanie pacjenta przy użyciu stetoskopu cyfrowego był krótszy o 6,5% w warunkach cichych oraz o 9,4% w warunkach wzmożonego hałasu w porównaniu do stetoskopu klasycznego. Sugeruje to, że technologia cyfrowa nie tylko poprawia jakość diagnostyki, ale także zwiększa efektywność pracy ratownika medycznego, co może być istotne w sytuacjach wymagających szybkiego postawienia diagnozy i szybkiego włączenia leczenia.

Opinie pacjentów na temat badania nie wykazały znaczących różnic między stosowanymi stetoskopami. Większość badanych nie odczuła zmian w czasie trwania badania ani w poziomie komfortu podczas osłuchiwania.

Oprócz skuteczności diagnostycznej stetoskopów cyfrowych i klasycznych, istotnym aspektem porównania tych urządzeń jest ergonomia ich użytkowania oraz koszty zakupu i eksploatacji. Te czynniki mają duże znaczenie dla medyków, zwłaszcza w środowiskach wymagających szybkiego działania, takich jak ratownictwo medyczne czy oddziały intensywnej terapii.

Pod względem ergonomii klasyczne stetoskopy są zazwyczaj lżejsze i bardziej kompaktowe, co sprawia, że ich noszenie na szyi przez cały dyżur jest mniej obciążające. W przeciwieństwie do nich stetoskopy cyfrowe, wyposażone w elektronikę i baterie, mogą być cięższe, co wpływa na komfort pracy. Dodatkową różnicą jest łatwość obsługi – klasyczny stetoskop nie wymaga żadnych ustawień ani uruchamiania, podczas gdy cyfrowy przed użyciem musi zostać włączony, a w niektórych modelach użytkownik może dodatkowo regulować poziom dźwięku i filtrowanie szumów. Może to stanowić niewielkie utrudnienie w sytuacjach wymagających natychmiastowego działania.

Ważnym aspektem użytkowania stetoskopów cyfrowych jest konieczność ich zasilania. W przeciwieństwie do klasycznych modeli, które są zawsze gotowe do użycia, stetoskopy cyfrowe wymagają ładowania lub wymiany

baterii, co może stanowić problem w sytuacji awaryjnej. Mimo to ich dodatkowe funkcje, takie jak możliwość wzmacniania dźwięku, filtracji hałasu czy nawet rejestrowania tonów serca i płuc, czynią je przydatnymi narzędziami w precyzyjnej diagnostyce oraz telemedycynie.

Jeśli chodzi o koszty, stetoskopy cyfrowe są znacznie droższe od klasycznych. Koszty eksploatacji tych urządzeń również się różnią – stetoskopy klasyczne nie wymagają dodatkowych nakładów finansowych poza sporadyczną wymianą membrany czy oliwek, natomiast użycie modeli cyfrowych wiąże się z kosztami baterii lub ich ładowania, a ewentualne naprawy mogą być kosztowne lub wręcz niemożliwe.

Wprowadzenie stetoskopów cyfrowych na szeroką skalę w placówkach medycznych mogłoby poprawić jakość diagnostyki, zwłaszcza w trudnych warunkach akustycznych. Jednak ich wysoka cena sprawia, że nie każda jednostka medyczna może sobie na nie pozwolić. Pomimo zalet, takich jak lepsza jakość dźwięku i możliwość filtracji hałasu, ograniczenia związane z zasilaniem i kosztami sprawiają, że klasyczne stetoskopy nadal pozostają bardziej praktycznym i ekonomicznym rozwiązaniem dla większości pracowników ochrony zdrowia. Cyfrowe modele mogą jednak znaleźć szczególne zastosowanie w sytuacjach wymagających wyjątkowej precyzji diagnostycznej, takich jak praca w karetkach pogotowia czy na oddziałach intensywnej terapii.

Podsumowując, choć stetoskopy cyfrowe oferują nowoczesne rozwiązania, to klasyczne modele wciąż pozostają niezawodnym narzędziem w codziennej pracy medyków. Warto jednak rozważyć ich stopniowe wdrażanie tam, gdzie wysoka jakość osłuchu i odporność na hałas mogą znacząco wpłynąć na trafność diagnozy i efektywność leczenia.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że stetoskopy cyfrowe mogą stanowić wartościowe narzędzie wspomagające pracę ratowników medycznych. Ich zdolność do wzmacniania i filtracji dźwięków sprawia, że są bardziej odporne na hałas zewnętrzny, co przekłada się na większą skuteczność diagnostyki w trudnych warunkach. W związku z tym warto rozważyć ich szersze zastosowanie w ratownictwie medycznym, szczególnie w środowiskach o podwyższonym poziomie hałasu, takich jak miejsca wypadków czy zatłoczone przestrzenie miejskie.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Laennec, R.T.H. (1819). *Traité de l'auscultation médiate et des maladies des pommons et du cœur*. Paris: Brosson & Chaudé.
- [2] Roguin, N. (2006). Rene Theophile Hyacinthe Laennec (1781–1826): The man behind the stethoscope. *Clin Med Res*, 4(3): 230–235.
- [3] Patel, S., Mehta, J., & Shah, J. (2021). Stethoscope: Evolution, types, and significance in modern medicine. *J Med Devices*, 15(4), 023001.
- [4] Wang, H., Chen, J., & Hu, Y. (2009). Heart sound measurement and analysis system with a digital stethoscope. *IEEE Biomed Eng*, 56(5): 1563–1570.
- [5] Leng, S., Tan, R.S., & Chai, K.T.C. (2015). The electronic stethoscope. *Biomed Eng Online*, 14(1), 66.
- [6] Jain, A., Sahu, R., Gaumnitz, T., Sethi, P., & Lodha, R. (2021). Development and validation of a low-cost electronic stethoscope: DIY digital stethoscope. *BMJ Innovations*. <https://www.academia.edu/download/105687898/609.full.pdf>.
- [7] Omarov, B., Tuimebayev, A., Abdrakhmanov, R. (2023). Digital stethoscope for early detection of heart disease on phonocardiography data. *International Journal of Biomedical Engineering*. https://www.academia.edu/download/111380486/Paper_75_Digital_Stethoscope_for_Early_Detection_of_Heart_Disease.pdf.
- [8] Ang, Y.Y., Aw, L.R., Koh, V., Tan, R.X. (2023). Characterization and cross-comparison of digital stethoscopes for telehealth remote patient auscultation. *Medicine in Novel Technology and Devices*, Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590093523000516>.
- [9] Wu, Y.C., Han, C.C., Chang, C.S. (2022). Development of an electronic stethoscope and a classification algorithm for cardiopulmonary sounds. *Sensors*, 22(11), 4263. <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/11/4263/pdf>.
- [10] Tazarourte, K., Tourtier, J.P., Libert, N., Clapson, P. (2011). Auscultation in flight: comparison of conventional and electronic stethoscopes. *Air Medical Journal*, Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1067991X10003561>.
- [11] Chowdhury, M.E.H., Khandakar, A., Alzoubi, K., Mansoor, S. (2019). Real-time smart-digital stethoscope system for heart diseases monitoring. *Sensors*, 19(12), 2781. <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/12/2781/pdf>.
- [12] Seah, J.J., Zhao, J., Wang, D.Y., Lee, H.P. (2023). Review on the advancements of stethoscope types in chest auscultation. *Diagnostics*, 13(9), 1545. <https://www.mdpi.com/2075-4418/13/9/1545/pdf>.

- [13] Kalinauskienė, E., Razvadauskas, H., Morse, D.J. (2019). A comparison of electronic and traditional stethoscopes in the heart auscultation of obese patients. *Medicina*, 55(4), 94. <https://www.mdpi.com/1648-9144/55/4/94/pdf>.
- [14] Nowak, L.J., Nowak, K.M. (2018). Sound differences between electronic and acoustic stethoscopes. *BioMedical Engineering Online*. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s12938-018-0540-2.pdf>.
- [15] Kevat, A.C., Kalirajah, A., Roseby, R. (2017). Digital stethoscopes compared to standard auscultation for detecting abnormal pediatric breath sounds. *European Journal of Pediatrics*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00431-017-2929-5>.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Studenckie Koła
Naukowe Tworzą
Innowacje

Projekt finansowany ze środków budżetu państwa
przyznanych przez Ministra Nauki w ramach Programu
„Studenckie koła naukowe tworzą innowacje”

Akademia WSB

WSB University

Wydawnictwo Naukowe Akademii WSB
ul. Ciepłaka 1c, 41-300 Dąbrowa Górnicza
www.wsb.edu.pl

ISBN 978-83-67673-62-4



9 788367 673624