



YOUNG SCIENTISTS INNOVATE

Tom II

Redakcja naukowa

**Zdzisława Dacko-Pikiewicz,
Katarzyna Szczepańska-Woszczyna,
Marcin Lis, Piotr Gościńiewicz, Nikola Zmarzły,
Marta Skorek, Karolina Sygulska**

YOUNG SCIENTISTS INNOVATE

YOUNG SCIENTISTS INNOVATE

Redakcja naukowa

Zdzisława Dacko-Pikiewicz

Katarzyna Szczepańska-Woszczyna

Marcin Lis

Piotr Gościńiewicz

Nikoła Zmarzły

Marta Skorek

Karolina Sygulska

Akademia WSB

WSB University

Dąbrowa Górnicza 2025

YOUNG SCIENTISTS INNOVATE

Redakcja naukowa

dr hab. Zdzisława Dacko-Pikiewicz, prof. AWSB
dr hab. Katarzyna Szczepańska-Woszczyna, prof. AWSB
dr hab. Marcin Lis, prof. AWSB
dr Piotr Gościńiewicz
dr Nikola Zmarzły
dr Marta Skorek
dr Karolina Sygulska

Projekt okładki

Wojciech Ciągło Studio DTP

DTP publikacji

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

Korekta

Anna Zdonek

ISBN 978-83-67673-64-8

Wydawca

Akademia WSB

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

KONRAD OTWINOWSKI, KRYSZTOF NIECHCIAŁ, HUBERT MIŚKA, NATALIA KASPEREK, KATARZYNA MAŁEK, JAKUB KIERUZALSKI, KRYSZTOF STUCZEŃ, BARTŁOMIEJ PAWLAK Środowisko metawersum i rzeczywistość wirtualna jako narzędzie poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego przez edukację	7
JUSTYNA KONDRACKA, KAROLINA BAŁDYS, WIKTOR GRZEGÓRZKO, MARTA SKOREK Wpływ testów zdalnych w formie aplikacji telefonicznej na ograniczenie drapania i jego powikłań u pacjentów ze świadem skóry	19
MICHAŁ GRUSZKA, ŁUKASZ KRYWULT, PAWEŁ RESPONDEK, WIKTORIA WITKOWSKA, ELŻBIETA LESZCZYŃSKA-KNAGA, KAMIL SKUBIS, KAROLINA SYGULSKA Analiza funkcjonalności stetoskopów cyfrowych w porównaniu do stetoskopów klasycznych w ocenie stanu pacjenta	33
ADAM GOŁĘBIEWSKI, ANNA ŚMIGLEWICZ Między intuicją a racjonalnością – etyczne wybory decyzyjne w praktyce zarządzania projektami	47
ANNA KOWALSKA, SYLWIA BARTELA, ADAM GOŁĘBIEWSKI, SYLWIA DOMAGAŁA, KRZYSZTOF DOMAGAŁA <i>Quiet firing</i> jako bariera w budowaniu relacji i skutecznym prowadzeniu projektu ...	59
KAROLINA SYKA, PAWEŁ WALKOWSKI ISO/EIC 27001 w akcji. Jak zamienić standardy bezpieczeństwa w przewagę biznesową	75
MICHAŁ BOGUSZ Badanie wpływu użytkowania pojazdów elektrycznych na żywotność baterii	81

MAŁGORZATA MAŁECKA-TOMALA, DAMIAN TRUN

Design Thinking i LEGO Serious Play w szkolnictwie wyższym –
innowacyjne metody rozwijania kompetencji transferowalnych u studentów 91

MAJA PRZĄDA

Shakespeare *versus* AI. Ocena tłumaczenia literackiego na podstawie *Romea i Julii* ... 107

EMILIA GASZTYK

Tłumaczeniowy dar Michała Wojnarowskiego. Analiza fragmentów
przekładów melicznych wybranych piosenek z filmu *Zaplątani* 119

WERONIKA ARASIM

Dehumanizacja w procesach społecznych w kontekście teorii
Roberta Cialdiniego i sztucznej inteligencji 129

MAKSYMILIAN SYGULSKI, KAROLINA SYGULSKA

Identyfikacja znaczenia walk *freak fight* wśród młodych osób 135

KLAUDIA FĄFEREK

Wpływ emocji na napięcie mięśniowe twarzy 147

GRZEGORZ KACHNIARZ, PATRYCJA PASICH, PATRYCJA CHWAŁEK

Ból wywołany dysfunkcją układu stomatognatycznego 153

MARTA ORCZYK

Rola logopedy w poprawie jakości życia seniorów z zaburzeniami
neurologicznymi 167

TOBIASZ IMIOŁCZYK, HANNA ŁAZARCZYK

Ocena zastosowania poziomu białka BDNF jako markera
wybranych chorób neurodegeneracyjnych 177

ORIANA KULPIŃSKA, DARIA CHOJAN

Mechanizmy epigenetyczne w chorobach nowotworowych –
nowe kierunki terapii 187

WIKTORIA NITENDEL, GABRIELA KOSIŃSKA, KAROLINA BŁASZCZYSZYN

Zespół Lescha-Nyhana – patomechanizm, aspekty genetyczne,
metaboliczne i neurologiczne oraz możliwości terapeutyczne 197

MICHALINA PTASZYŃSKA, SZYMON TOBIASZ

Znaczenie mutacji genu *LRRK2* w chorobie Parkinsona 209

Konrad Otwinowski, Krystian Niechciał,
Hubert Miśka, Natalia Kasperek, Katarzyna Małek,
Jakub Kieruzalski, Krystian Stuczeń¹,
Bartłomiej Pawlak²

Środowisko metawersum i rzeczywistość wirtualna jako narzędzie poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego przez edukację

Streszczenie

Celem artykułu jest analiza istniejących rozwiązań architektonicznych infrastruktury drogowej pod kątem ich wpływu na poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego. Szczególny nacisk został położony na przykład miasta Dąbrowa Górnicza oraz jego okolic. W tekście przedstawiono 20 lokalnych rozwiązań infrastrukturalnych, które mają na celu zmniejszenie liczby wypadków drogowych oraz poprawę komfortu użytkowników dróg. Ze względu na wysoki poziom zagrożeń na drogach autorzy proponują innowacyjne podejście, wykorzystujące wirtualną rzeczywistość (VR) do symulacji realistycznych scenariuszy drogowych. Do realizacji aplikacji edukacyjnej wybrano platformę Spatial.io, umożliwiającą tworzenie interaktywnych, immersyjnych środowisk szkoleniowych. Efektem jest realistyczne odwzorowanie przestrzeni miejskiej przy użyciu metody Blueprint oraz modeli fotogrametrycznych 3D. Istotnym elementem artykułu jest również podkreślenie znaczenia testowania aplikacji na różnych urządzeniach, aby zapewnić szeroką dostępność oraz wysoką jakość użytkowania. W dalszej perspektywie autorzy przewidują rozwój aplikacji poprzez rozbudowę o bardziej zaawansowane scenariusze edukacyjne oraz integrację z danymi rzeczywistymi, współpracę ze szkołami nauki jazdy oraz wdrożenie sztucznej inteligencji do analizy zachowań użytkowników.

Słowa kluczowe: metawersum, rzeczywistość wirtualna, bezpieczeństwo ruchu drogowego, edukacja

1 Studenci Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej

2 Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej

Wprowadzenie

W dzisiejszych czasach, w miarę jak urbanizacja postępuje, a infrastruktura drogowa staje się coraz bardziej skomplikowana, zapewnienie bezpieczeństwa użytkowników dróg staje się priorytetem. Bezpieczeństwo ruchu drogowego jest kwestią o kluczowym znaczeniu dla zdrowia publicznego i jakości życia mieszkańców. W 2023 roku na całym świecie w wyniku wypadków drogowych zginęło około 1,19 miliona osób. Wypadki drogowe pozostają główną przyczyną śmierci dzieci i młodych dorosłych w wieku 5–29 lat. Około 53% wszystkich ofiar śmiertelnych stanowią użytkownicy dróg szczególnie narażeni na niebezpieczeństwo: piesi, rowerzyści i motocykliści [1]. Ze statystyk wypadków za 2023 rok wynika, że w Polsce codziennie dochodzi do średnio 58 wypadków drogowych, w których życie traci 5 osób. W 2023 roku na terenie Dąbrowy Górniczej odnotowano łącznie 1232 zdarzenia drogowe, w tym wypadki, kolizje i stłuczki. Według danych Komendy Miejskiej Policji w tej liczbie są 34 wypadki drogowe, które zakończyły się obrażeniami ciała uczestników, oraz 1198 kolizji i stłuczek, które miały mniej poważne konsekwencje [2]. Z tego względu opracowanie skutecznych rozwiązań architektonicznych, które mogą przyczynić się do zmniejszenia liczby wypadków i ich skutków, jest niezwykle ważne. Rozwiązania architektoniczne w zakresie infrastruktury drogowej muszą nie tylko sprostać rosnącym wymaganiom związanym z przepustowością i wygodą, ale również zapewniać maksymalne bezpieczeństwo wszystkim uczestnikom ruchu – pieszym, rowerzystom oraz kierowcom. Niniejsze opracowanie ma na celu analizę istniejących rozwiązań architektury drogowej z uwzględnieniem aspektów bezpieczeństwa, przy wykorzystaniu 20 wybranych przykładów z lokalnych obszarów położonych w Dąbrowie Górniczej i okolicach, które ilustrują różnorodność podejść i technologii stosowanych w tym zakresie. Głównym celem niniejszego opracowania jest przeprowadzenie analizy rozwiązań architektury drogowej i jej otoczenia, które zostały zaprojektowane lub zmodernizowane z myślą o poprawie bezpieczeństwa ruchu drogowego. Przykłady te zostały starannie wyselekcjonowane, aby obejmowały szeroki zakres sytuacji drogowych, takich jak skrzyżowania, ronda, przejścia dla pieszych, ścieżki rowerowe, a także rozwiązania dla obszarów mieszkalnych i obszarów o dużym natężeniu ruchu. Przy wyborze przykładów do analizy kierowano się różnorodnością typów rozwiązań oraz możliwością przeanalizowania efektów, jakie mogą wносить w bezpieczeństwo i ułatwienie ich użytkowania przez uczestników ruchu drogowego. Wobec ciągle wysokiej liczby ofiar i rosnącej złożoności sytuacji drogowych konieczne jest stosowanie innowacyjnych metod poprawy bezpieczeństwa, w tym wykorzystanie technologii VR. Dzięki zastosowaniu wirtualnej rzeczywistości możliwe jest symulowanie realistycznych scenariuszy drogowych, co pozwala na skuteczniejsze szkolenie kierowców, pieszych oraz rowerzystów, a także na projektowanie i testowanie

infrastruktury drogowej przed jej rzeczywistą realizacją. Rozwiązania VR mogą znacząco zmniejszyć ryzyko błędów projektowych oraz podnieść świadomość zagrożeń wśród uczestników ruchu.

1. Transport drogowy w mieście Dąbrowa Górnicza

Najbardziej zurbanizowanymi częściami Dąbrowy Górniczej są dzielnice Centrum i Gołonóg, gdzie znajduje się najwięcej budynków mieszkalnych wielorodzinnych oraz obiektów użyteczności publicznej. W dzielnicach takich jak Strzemieszyce, Ząbkowice, Łosień, Ujejsce, Okradzionów, Tucznawa, Trzebiesławice, Sikorka, Błędów, Ratanice, Marianki, Łazy Błędowskie oraz Kuźniczka Nowa przeważa zabudowa jednorodzinna. Obiekty użyteczności publicznej to głównie punkty handlowo-usługowe oraz placówki oświatowe. Liczbę mieszkańców w poszczególnych dzielnicach miasta przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Przybliżona liczba mieszkańców w poszczególnych dzielnicach miasta

Lp.	Dzielnica	Liczba mieszkańców
1.	Centrum	56 605
2.	Gołonóg	38 173
3.	Łęknice	4273
4.	Strzemieszyce	10 005
5.	Łosień	1452
6.	Błędów	1719
7.	Łęka	726
8.	Okradzionów	1223
9.	Ząbkowice	11 979
10.	Trzebiesławice	957
11.	Ujejsce	1151
12.	Tucznawa	2453

Na terenie miasta Dąbrowa Górnicza oprócz lokalnych dróg przebiegają również drogi krajowe:

- DK1/S1 (dawniej E-75) Bielsko-Biała – Warszawa (dwupasmowa droga główna) łączy Dąbrowę Górniczą z Bielsko-Białą na południu i Warszawą na północy. Jest to główna trasa dwujezdniowa, zapewniająca szybki i bezpieczny transport międzymiastowy;

- DK94 (E-40) Katowice – Kraków (dwupasmowa droga główna), łączy Katowice i Kraków, przebiega przez Dąbrowę Górniczą, umożliwia szybki dojazd do dwóch głównych miast aglomeracji śląskiej;

oraz drogi wojewódzkie:

- 790 Dąbrowa Górnicza – Ogrodzieniec łączy Dąbrowę Górniczą z Ogrodziemcem, oferując alternatywną trasę w kierunku wschodnim, użyteczną dla ruchu lokalnego i turystycznego;
- 796 Dąbrowa Górnicza – Zawiercie, trasa ważna dla połączeń północnych, wspiera ruch przemysłowy i gospodarczy;
- 910 Dąbrowa Górnicza – Czeladź jest ważna dla połączeń z zachodnimi obszarami aglomeracji, wspiera komunikację lokalną oraz ruch tranzytowy.

Dąbrowa Górnicza jest położona strategicznie w centrum Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii, co zapewnia doskonałe połączenia komunikacyjne z sąsiednimi miastami, takimi jak:

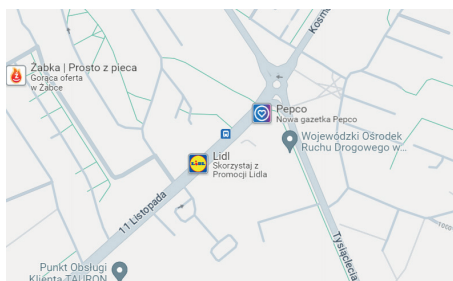
- Sosnowiec. Miasto graniczące na zachodzie, z którym Dąbrowa Górnicza jest bezpośrednio połączona przez sieć dróg lokalnych i wojewódzkich, co ułatwia codzienną komunikację i wymianę gospodarczą;
- Będzin. Na północnym zachodzie, dobrze skomunikowane poprzez sieć dróg lokalnych i regionalnych, wspierających ruch mieszkańców i przedsiębiorców;
- Katowice: Stolica województwa śląskiego, oddalona o kilkanaście kilometrów na zachód, połączona przez DK94 oraz sieć dróg lokalnych, co umożliwia szybki dojazd do centrum regionu;
- Czeladź. Miasto sąsiadujące na południowym zachodzie, z którym Dąbrowa Górnicza ma bezpośrednie połączenia drogowe, ważne dla codziennego ruchu mieszkańców.

Ze względu na obserwowane podczas poruszania się po mieście liczne utrudnienia w ruchu i wątpliwości jego uczestników co do prawidłowego zachowania się podczas korzystania z infrastruktury drogowej, w opracowaniu przedstawiono 20 wybranych rozwiązań infrastrukturalnych w Dąbrowie Górniczej mających wpływ na bezpieczeństwo. Takich miejsc jest więcej, jednak w przedstawionych lokalizacjach wyselekcjonowano pewne problemy i wskazówki, które występują w wielu innych miejscach i mogą wpłynąć zarówno na liczbę zdarzeń drogowych oraz wypadków, jak i komfort użytkowania rozwiązań drogowych.

Przykład analizy punktu drogowego będącego przedmiotem badań przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Analiza punktu drogowego wraz z otoczeniem

Nazwa punktu	Skrzyżowanie ulic Tysiąclecia i 11 Listopada
Współrzędne geograficzne	50.330105, 19.225037



Lokalizacja punktu na mapie (źródło Google Maps)



Skrzyżowanie jest przykładem ronda, do którego prowadzą ulice 11 Listopada, Kosmonautów oraz Tysiąclecia. W bezpośrednim sąsiedztwie skrzyżowania znajduje się Wojewódzki Ośrodek Ruchu Drogowego. Wpływa to korzystnie na dbałość o oznakowanie skrzyżowania i wyznaczenie znaków poziomych na jezdniach. Skrzyżowanie jest przykładem nowoczesnego rozwiązania drogowego, dobranego adekwatnie do oczekiwanej przepustowości. Obecność w pobliżu skrzyżowania dużego punktu handlowego typu supermarket wpływa na zwiększenie ruchu drogowego w tym punkcie. Zjazd ze skrzyżowania od strony ulic Tysiąclecia oraz 11 Listopada łączy się bezpośrednio z wjazdem na parking obiektu handlowego. Jest to przykład rozwiązania kolizyjnego, które wymaga od kierowców zwrócenia dodatkowej uwagi na pojazdy wjeżdżające na parking obiektu handlowego. Bezpośrednio przy zjeździe z ronda jest również zlokalizowane przejście dla pieszych, które jest wygodnym połączeniem komunikacyjnym osiedla mieszkalnego z obszarami handlowo-usługowymi. Obecność przejścia dla pieszych bezpośrednio przy rondzie może jednak prowadzić do zmniejszenia jego przepustowości oraz wymaga od kierowców dodatkowej uwagi w zakresie bezpieczeństwa pieszych.

Ewidencja zauważonych trudności w ruchu drogowym pozwoliła na udostępnienie informacji o miejscach potencjalnie wrażliwych pod względem bezpieczeństwa na platformie projektowanego portalu wykorzystującego rzeczywistość wirtualną.

2. Implementacja aplikacji na platformie Spatial.io

Spatial.io to nowoczesne środowisko wirtualnej rzeczywistości, które oferuje zaawansowane możliwości interakcji i wizualizacji danych, co czyni je doskonałym wyborem do budowy aplikacji udostępniającej informacje z zakresu bezpieczeństwa ruchu drogowego. Dzięki wykorzystaniu technologii VR oraz rozszerzonej rzeczywistości, platforma ta pozwala na stworzenie immersyjnych doświadczeń edukacyjnych, które zwiększają zaangażowanie użytkowników i skuteczność przekazu informacji. W kontekście bezpieczeństwa drogowego kluczowa jest możliwość realistycznego symulowania sytuacji na drodze, co pozwala na lepsze zrozumienie zagrożeń oraz przyswojenie zasad odpowiedzialnego uczestnictwa w ruchu. Spatial.io wyróżnia się także intuicyjnym interfejsem, który umożliwia szybkie wdrażanie interaktywnych aplikacji bez konieczności posiadania zaawansowanej wiedzy programistycznej. Możliwość współpracy w czasie rzeczywistym sprawia, że użytkownicy mogą wspólnie analizować sytuacje drogowe, uczestniczyć w wirtualnych szkoleniach i testach, a także wymieniać się doświadczeniami w przestrzeni 3D. Dzięki kompatybilności z różnymi urządzeniami, w tym goglami VR oraz komputerami i urządzeniami mobilnymi, platforma zapewnia szeroką dostępność i umożliwia interakcję niezależnie od miejsca, w którym znajduje się użytkownik. Dodatkową zaletą Spatial.io jest możliwość integracji z zewnętrznymi bazami danych i systemami analitycznymi, co pozwala na dynamiczne aktualizowanie treści oraz prezentowanie danych w atrakcyjnej, interaktywnej formie [4]. Dzięki temu użytkownicy mogą na bieżąco śledzić statystyki wypadków, analizować przyczyny zagrożeń oraz poznawać najnowsze rekomendacje dotyczące bezpiecznego zachowania na drodze. Połączenie nowoczesnych technologii, łatwości dostępu oraz wysokiego poziomu interaktywności sprawia, że Spatial.io jest optymalnym środowiskiem do budowy innowacyjnej aplikacji edukacyjnej z zakresu bezpieczeństwa ruchu drogowego. Jednym z kluczowych atutów platformy Spatial.io jest możliwość integracji z zaawansowanym środowiskiem deweloperskim Unity 3D, co otwiera szerokie perspektywy w zakresie projektowania interaktywnych i realistycznych aplikacji edukacyjnych dotyczących bezpieczeństwa ruchu drogowego. Unity 3D, jako jedno z najbardziej wszechstronnych narzędzi do tworzenia aplikacji wirtualnej rzeczywistości, pozwala na implementację zaawansowanych mechanik fizycznych, realistycznych animacji oraz interaktywnych elementów, które mogą skutecznie symulować różnorodne sytuacje drogowe [5]. Dzięki tej integracji możliwe jest tworzenie dynamicznych scenariuszy, w których użytkownicy mogą wchodzić w interakcję z elementami otoczenia, analizować konsekwencje swoich decyzji oraz uczyć

się poprzez doświadczenie, co znacząco zwiększa skuteczność edukacyjną aplikacji. Ponadto wykorzystanie Unity 3D na platformie Spatial.io umożliwia wprowadzanie personalizowanych modeli 3D, rozszerzanie funkcjonalności poprzez skrypty i moduły oraz optymalizację aplikacji pod kątem różnych urządzeń, co czyni tę kombinację wyjątkowo efektywnym narzędziem do budowy nowoczesnych rozwiązań VR w obszarze bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Zaimplementowanie realistycznej przestrzeni miejskiej wymaga odwzorowania elementów infrastruktury, takich jak ulice, budynki, przejścia dla pieszych itp. Metoda Blueprint w środowisku VR pozwala na efektywne odwzorowanie przestrzeni publicznej infrastruktury drogowej, tworząc interaktywną i realistyczną wizualizację otoczenia. Dzięki zastosowaniu tej techniki można w prosty sposób modelować elementy urbanistyczne, takie jak ulice, skrzyżowania, sygnalizacja świetlna, chodniki czy przejścia dla pieszych, a następnie definiować ich zachowanie w wirtualnym środowisku. W kontekście edukacji w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego użytkownicy mogą wchodzić w interakcję z infrastrukturą, testować różne scenariusze kolizji, analizować zagrożenia oraz uczyć się zasad ruchu w realistycznie odwzorowanej przestrzeni miejskiej. Dzięki metodzie Blueprint wirtualne środowisko może być łatwo dostosowywane do różnych lokalizacji, umożliwiając odwzorowanie rzeczywistych układów drogowych i specyfiki ruchu w danym regionie, co zwiększa wiarygodność i skuteczność przekazywanych informacji. Do digitalizacji obiektów 3D i przeniesienia ich w świat metawersum mogą posłużyć metody fotogrametryczne. Stanowią one jedno z najbardziej zaawansowanych narzędzi do precyzyjnego odwzorowania obiektów trójwymiarowych, co czyni je niezwykle użytecznymi w przestrzeni metawersum środowiska Spatial.io. Dzięki technikom przetwarzania zdjęć i skanowania fotogrametrycznego możliwe jest tworzenie realistycznych modeli 3D, które odwzorowują rzeczywiste struktury z wysoką dokładnością, uwzględniając szczegóły geometryczne, tekstury i oświetlenie. W kontekście budowy aplikacji związanych z bezpieczeństwem ruchu drogowego fotogrametria umożliwia przeniesienie do wirtualnej rzeczywistości rzeczywistych elementów infrastruktury, takich jak skrzyżowania, przejścia dla pieszych, znaki drogowe czy fasady budynków, co pozwala użytkownikom na interakcję z otoczeniem odwzorowującym realny świat. Integracja fotogrametrycznych modeli w Spatial.io umożliwia tworzenie immersyjnych środowisk szkoleniowych, w których użytkownicy mogą analizować sytuacje drogowe w skali 1:1, a także uczestniczyć w interaktywnych symulacjach z realistycznym odwzorowaniem przestrzeni miejskiej. Ponadto zastosowanie tej technologii pozwala skrócić czas produkcji modeli 3D oraz zwiększyć ich autentyczność, eliminując konieczność ręcznego projektowania skomplikowanych struktur. Dzięki kompatybilności Spatial.io z formatami plików fotogrametrycznych, takimi jak OBJ, FBX czy glTF, możliwe

jest łatwe wdrażanie i optymalizacja dużych zbiorów danych 3D, co pozwala na płynne funkcjonowanie nawet w rozbudowanych wirtualnych przestrzeniach. Wykorzystanie metod fotogrametrycznych w metawersum otwiera więc nowe możliwości w zakresie edukacji, analizy przestrzennej oraz symulacji scenariuszy ruchu drogowego, oferując użytkownikom wyjątkowo realistyczne i angażujące doświadczenia [6].

Z zastosowaniem wyżej przedstawionych technik i narzędzi w ramach realizowanego projektu zrealizowano aplikację VR kompatybilną ze środowiskiem metawersum, która posiada następujące właściwości:

- Cross-platformowość. Umożliwia dostęp do przestrzeni wirtualnych z poziomu przeglądarki internetowej, urządzeń mobilnych oraz zestawów VR/AR, co zwiększa dostępność dla szerokiego grona użytkowników.
- Kompatybilność i dostępność. Platforma jest dostępna na różnych urządzeniach: komputery, urządzenia mobilne oraz zestawy VR/AR, aby umożliwić szeroki dostęp do treści edukacyjnych.
- Łatwość tworzenia i zarządzania treścią. Intuicyjne narzędzia do tworzenia interaktywnych przestrzeni edukacyjnych bez konieczności programowania, co pozwala na szybkie wdrożenie materiałów szkoleniowych.
- Możliwości interakcji i współpracy. Funkcje umożliwiające interakcję między użytkownikami, takie jak czat głosowy, tekstowy czy wspólne rozwiązywanie zadań, zwiększają zaangażowanie uczestników.
- Analiza i monitorowanie postępów. Dostęp do narzędzi analitycznych pozwala na śledzenie zaangażowania i postępów uczestników, co jest istotne dla oceny efektywności programu edukacyjnego.

Wygląd aplikacji z przedstawionymi treściami edukacyjnymi z zakresu zasad bezpieczeństwa ruchu drogowego przedstawiono na rysunku 1.

Rysunek 1. Zrzut ekranowy aplikacji przedstawiający test i treści edukacyjne dla użytkowników (opracowanie własne na podstawie platformy spatial.io)



Testowanie aplikacji na różnych urządzeniach jest kluczowym etapem procesu wdrażania oprogramowania, szczególnie w kontekście środowiska Spatial.io, które obsługuje szeroki zakres platform, od komputerów i urządzeń mobilnych po gogle VR. Przeprowadzenie testów na różnych konfiguracjach sprzętowych pozwala na ocenę wydajności aplikacji, wykrycie potencjalnych błędów oraz optymalizację interakcji użytkownika. W przypadku aplikacji związanych z bezpieczeństwem ruchu drogowego istotne jest zapewnienie płynnego działania symulacji zarówno na zaawansowanych zestawach VR, jak i na standardowych przeglądarkach internetowych oraz smartfonach, co zwiększa dostępność i wygodę użytkowania. Różne urządzenia mogą mieć odmienną moc obliczeniową, rozdzielczość ekranu czy sposoby obsługi interakcji, dlatego konieczne jest testowanie funkcji takich jak responsywność interfejsu, renderowanie modeli 3D, jakość tekstur oraz opóźnienia w przetwarzaniu danych. Dzięki testom kompatybilności można zapewnić użytkownikom spójne i angażujące doświadczenie, niezależnie od używanego sprzętu, co przekłada się na większą skuteczność przekazu edukacyjnego oraz komfort korzystania z aplikacji w różnych warunkach technicznych. Podczas procesu testowania potwierdzono prawidłowe i płynne działanie utworzonej aplikacji.

Rysunek 2. Wygląd odwzorowanej przestrzeni świata VR w aplikacji (opracowanie własne na podstawie Spatial.io)



Podsumowanie

Spatial.io to nowoczesne środowisko VR, które dzięki swojej wszechstronności, interaktywności i łatwości integracji z zaawansowanymi narzędziami, takimi jak Unity 3D czy fotogrametria, stanowi doskonałą platformę do budowy aplikacji edukacyjnych związanych z bezpieczeństwem ruchu drogowego. Możliwość realistycznego odwzorowania przestrzeni publicznej infrastruktury drogowej przy użyciu metod Blueprint oraz fotogrametrycznych modeli 3D pozwala na tworzenie immersyjnych i angażujących doświadczeń dla użytkowników. Dodatkowo testowanie aplikacji na różnych urządzeniach, od gogli VR po smartfony i komputery,

zapewnia szeroką dostępność oraz wysoką jakość interakcji, niezależnie od sprzętu [7]. Dzięki tym zaawansowanym rozwiązaniom Spatial.io umożliwia nie tylko edukację, ale również analizę i symulację rzeczywistych sytuacji, co może znacząco przyczynić się do poprawy świadomości użytkowników i zwiększenia bezpieczeństwa na drogach. Dalszy rozwój projektu może obejmować rozbudowę aplikacji o zaawansowane scenariusze szkoleniowe, uwzględniające dynamicznie zmieniające się warunki drogowe, integrację z rzeczywistymi danymi o wypadkach oraz wdrożenie sztucznej inteligencji do analizy zachowań użytkowników w wirtualnym środowisku [8]. Istnieje również możliwość poszerzenia funkcjonalności o system oceny postępów uczestników, personalizowane rekomendacje oraz moduły interaktywne, które dostosowują poziom trudności do umiejętności użytkownika.

Współpraca ze szkołami nauki jazdy mogłaby stanowić kluczowy element dalszej ekspansji projektu, pozwalając na praktyczne wdrożenie aplikacji jako nowoczesnego narzędzia wspomagającego edukację przyszłych kierowców. Dzięki integracji z programem kursów na prawo jazdy aplikacja mogłaby służyć jako platforma do wirtualnych symulacji niebezpiecznych sytuacji drogowych, których nie da się bezpiecznie przeprowadzić w warunkach rzeczywistych. Możliwość przeprowadzania interaktywnych szkoleń VR mogłaby zwiększyć skuteczność nauczania, podnosząc poziom świadomości kierowców i zmniejszając ryzyko błędów na drodze [9]. Dodatkowo współpraca z instruktorami pozwoliłaby na zbieranie cennych opinii i sugestii dotyczących dalszego udoskonalania aplikacji, tak aby jak najlepiej odpowiadała na potrzeby kursantów oraz standardy obowiązujące w nauce jazdy.

Bibliografia

1. WHO; Global status report on road safety 2023; 13.12.2023. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240086517> [dostęp: 06.2024].
2. Dąbrowa Górnicza w liczbach. https://www.polskawliczbach.pl/Dabrowa_Gornicza [dostęp: 06.2024].
3. Serwis Google Maps. <https://www.google.pl/maps> [dostęp: 06.2024].
4. Dawid, A., Buchwald, P., & Pawlak, B. (2023). *The Digital Twin to Train a Neural Network Detecting Headlamps Failure of Motor Vehicles*. International Conference on Dependability and Complex Systems. Cham: Springer Nature Switzerland.
5. Dawid, A., Buchwald, P. (2024). The system of headlights operation recognition using the digital twin method. *International Journal of Electronics and Telecommunications*, 70(1). <https://doi.org/10.24425/ijet.2024.149514>.
6. Palka, D., Sobota, M., & Buchwald, P. (2020). 3D Object Digitization Devices in Manufacturing Engineering Applications and Services. *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*, 3(1): 450–463.

7. Buchwald, P. (2008). *Urządzenia mobilne w systemach rzeczywistości wirtualnej*. Wydawnictwo Helion.
8. Buchwald, P. (2024). The Use of Metaverse System And Virtual Reality In The Simulation Assesment Of Human behavior during threats inside buildings. *International Scientific Journal "Security & Future"*, VIII, 1: 25–28.
9. Kruachottikul, P. et al. (2023). *Car Drive Simulation in Metaverse with VR Glasses for Testing Driver's License*. First International Conference on Advances in Electrical, Electronics and Computational Intelligence (ICAEECI), Tiruchengode, India, 2023. doi: 10.1109/ICAEECI58247.2023.10370994.

Wpływ testów zdalnych w formie aplikacji telefonicznej na ograniczenie drapania i jego powikłań u pacjentów ze świądem skóry

Streszczenie

Świąd jest najczęstszym objawem występującym w przebiegu chorób dermatologicznych i może ujemnie wpływać na jakość życia pacjentów. W niektórych chorobach świąd jest związany z aktywnością i ciężkością zaburzeń lub może występować niezależnie od choroby. Niewiele wiadomo o jego występowaniu i cechach charakterystycznych w populacji ogólnej. Niewiele jest też instrumentów specjalnie zaprojektowanych do pomiaru świądu. Celem tego badania pilotażowego było opracowanie i walidacja instrumentu mierzącego częstość występowania i cechy charakterystyczne przewlekłego świądu w populacji ogólnej.

Niniejsze opracowanie dotyczy analizy badań przeprowadzonych z wykorzystaniem aplikacji mobilnej SWIAD 2.0 u 40 użytkowników dotkniętych objawem świądu o różnej etiologii. Ponadto przeanalizowano stan skóry przy użyciu niezależnych badań aparaturowych oraz przeprowadzono ankiety badawcze. Zbadano możliwość wykorzystania nowej technologii do poszerzania wiedzy medycznej.

Słowa kluczowe: epidemiologia, swędzenie, świąd, kwestionariusz, aplikacja mobilna

1 Studenci Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej

2 Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej

Wstęp

Obecnie brak jest precyzyjnych, globalnych statystyk określających liczbę osób na świecie cierpiących na świąd. Świąd jest objawem występującym w przebiegu wielu różnych schorzeń dermatologicznych, internistycznych, neurologicznych oraz psychicznych, co utrudnia zebranie jednolitych danych na ten temat.

Terminem *świąd* określane jest świadome odczuwanie nieprzyjemnego wrażenia, które prowadzi do odruchowego drapania. Pomimo upływu ponad 350 lat od sformułowania tej definicji przez niemieckiego lekarza Samuela Hafenreffera, nadal pozostaje ona aktualna. Szczególnej uwagi wymagają pacjenci, u których świąd występuje na skórze pozornie niezmienionej chorobowo, ponieważ w takich przypadkach konieczna jest szczegółowa diagnostyka w kierunku schorzeń układowych, neurologicznych lub psychicznych. Proces dochodzenia do właściwej diagnozy oraz wdrożenia optymalnej terapii może być długotrwały i skomplikowany (Schneider i in., 2022; Weisshaar i in., 2019).

Przewlekły świąd to złożone zjawisko, wykazujące liczne podobieństwa do przewlekłego bólu. Może być chwilowo złagodzony przez ból wywołany drapaniem, jednak w dłuższej perspektywie prowadzi do znacznego pogorszenia jakości życia pacjentów (Dalgard i in., 2007). Świąd występujący okresowo, w określonych warunkach, również może stanowić istotne wyzwanie diagnostyczno-terapeutyczne (Matterne i in., 2009).

Ogólnodostępna aplikacja mobilna „Świad2024” stwarza możliwość wykorzystania nowych technologii do poszerzenia wiedzy medycznej. Użytkownik, zaznaczając każdorazowo występujący u niego objaw świądu, może skorelować objaw z wykonywanymi czynnościami, spożywanymi posiłkami czy stosowanymi kosmetykami. Może rejestrować intensywność świądu w różnych momentach dnia, co ułatwia monitorowanie jego nasilenia i identyfikację czynników wyzwalających. Aplikacja daje szansę na identyfikację czynników psychospołecznych (osobowość, stres, oczekiwania, katastrofizm, postrzeganie choroby, lęk i depresja) i biologicznych (ośrodkowe procesy uwrażliwienia, neuroanatomia skóry, metabolizm komórkowy i funkcja bariery skórnej), które mogą sprzyjać utrzymywaniu się świądu.

Patofizjologia i klasyfikacja świądu

Współczesna wiedza wskazuje, że świąd (swędzenie), wcześniej uznawany za słabo nasilony rodzaj bólu, w rzeczywistości różni się od nocycepcji pod względem neurologicznym. W odpowiedzi na bodziec wywołujący świąd wyspecjalizowane włókna C w skórze przesyłają sygnały do rogu tylnego rdzenia kręgowego, skąd są przekazywane drogą rdzeniowo-wzgórzową do wzgórza oraz kory somatosensorycznej. Włókna C odpowiedzialne za świąd, określane także

jako receptory świądu, wyróżniają się większą wrażliwością na histaminę oraz brakiem reakcji na bodźce mechaniczne, w przeciwieństwie do dominujących włókien C, które reagują na różne bodźce mechaniczne. Klasyczne nocyceptory odpowiadają na bodźce mechaniczne i termiczne, wykazują słabą reakcję na histaminę i uczestniczą w przewodzeniu sygnałów bólowych. Ponadto wiadomo, że receptory świądu charakteryzują się dwukrotnie wolniejszym przewodzeniem impulsów w porównaniu do nocyceptorów, a ich zasięg działania jest niemal trzykrotnie większy (Feng i in., 2018).

Chociaż ból i świąd są obecnie uznawane za odrębne doznania, niewątpliwie występują między nimi interakcje. Często intensywne drapanie aż do progu bólu przynosi ulgę w świądzie. Ponadto wykazano, że inne bodźce bólowe, takie jak wysoka temperatura czy impulsy elektryczne, mogą na kilka godzin osłabić świąd wywołany histaminą. Opioidy, zwłaszcza agoniści receptora μ stosowane jako leki przeciwbólowe, często powodują świąd jako działanie niepożądane. Z kolei antagoniści tego receptora, takie jak nalokson i naltrekson, wykazują działanie przeciwświądowe i mogą być skuteczne w leczeniu pacjentów cierpiących na świąd związany z mocznicą lub cholestazą, gdzie prawdopodobnym mechanizmem jest zwiększone wydzielanie endogennych opioidów (Galatian i in., 2010).

Krótkotrwały świąd należy uznać, podobnie jak ostry ból, za mechanizm obronny, informujący pacjenta, że na danym obszarze skóry zachodzi niekorzystny proces wywołujący reakcję obronną w postaci drapania, które przynosi chwilową ulgę, odwracając uwagę od nieprzyjemnego objawu. Natomiast świąd przewlekły, towarzyszący wielu chorobom skóry oraz schorzeniom ogólnoustrojowym, to poważny problem medyczny.

W 2007 roku międzynarodowy zespół ekspertów działający w ramach Międzynarodowego Forum Badań nad Świądem (*International Forum for the Study of Itch* – IFSI) podjął inicjatywę ujednolicenia istniejącego wcześniej podziału świądu skóry. Aktualna klasyfikacja uwzględnia zarówno mechanizmy patogenetyczne, jak i aspekty kliniczne choroby. Można oczekiwać, że standaryzacja kryteriów klasyfikacyjnych w przyszłości ułatwi porównywanie wyników badań nad różnymi strategiami leczenia przeciwświądowego. Zgodnie z aktualną klasyfikacją IFSI proces kategoryzacji świądu przebiega dwuetapowo. W pierwszym etapie pacjent zostaje przypisany do jednej z trzech grup, które różnicują obraz kliniczny zmian skórnych:

- grupa I – świąd występujący na skórze uprzednio zmienionej chorobowo;
- grupa II – świąd dotyczący skóry bez wcześniejszych zmian patologicznych;
- grupa III – świąd z obecnością wtórnych zmian skórnych wynikających z drapania (przeczosy, strupy, grudki, guzki).

W kolejnym etapie pacjenta klasyfikuje się do jednej z sześciu kategorii uwzględniających mechanizm powstawania świądu:

1. świąd skórny;
2. świąd ogólnoustrojowy;
3. świąd o podłożu neurologicznym;
4. świąd psychogeny;
5. świąd o etiologii mieszanej;
6. świąd o nieustalonej przyczynie.

Świąd może towarzyszyć wielu chorobom, m.in. chorobom skóry (atopowe zapalenie skóry, łuszczyca, pokrzywka), chorobom o podłożu alergicznym (alergiczne kontaktowe zapalenie skóry, reakcje polekowe), chorobom zakaźnym (ospa wietrzna, odra, różyczka), chorobom ogólnoustrojowym (marskość wątroby, mocznica, cukrzyca, nowotwory chłoniaki, rak płuc), zaburzeniom neurologicznym (stwardnienie rozsiane, polineuropatie). Świąd może występować psychogenie, np. przy OCD.

Przedmiot i cel badań

Przedmiotem badania była analiza użyteczności aplikacji telefonicznej ŚWIAD 2.0 w diagnostyce pacjentów ze świądem. Celem badania było ustalenie, czy zastosowanie aplikacji telefonicznej do zbierania informacji o epizodach świądu może mieć wpływ na redukcję tego objawu lub diagnostykę i leczenie jednostki chorobowej. W szczególności, czy zbieranie danych w aplikacji będzie skuteczniejsze i dokładniejsze od klasycznej diagnostyki i leczenia objawów świądu. Jest to o tyle ważne, że dane zbierane w aplikacji, ankietach badawczych i aparaturowa ocena stanu skóry mogą przyczynić się do precyzyjnego stawiania diagnozy i różnicowania w rozpoznaniu stanu pacjenta czy stosowaniu skutecznych leków oraz metod zaradczych.

Metodologia

Do badań właściwych zakwalifikowano 45 osób. Osoby zainteresowane udziałem w badaniu wyraziły zgodę na wykonanie ankiet badawczych i udział w wyizolacji kwalifikacyjnej oraz – w przypadku pozytywnej kwalifikacji – na udział w badaniu właściwym, jak również wyraziły zgodę na udział studentów Akademii WSB w kwalifikacjach i badaniach skóry. Studenci biorący udział w badaniu byli przygotowywani do procedury aparaturowego badania skóry w szkoleniach poprzedzających rozpoczęcie tego etapu badań.

Ponadto warunkiem objęcia badaniem był taki stan pacjentów, który umożliwił udział w badaniach aparaturowych i ankietowych oraz zainstalowanie i stosowanie aplikacji telefonicznej ŚWIAD 2.0. Ostatecznie 40 osób regularnie pobrało i zastosowało aplikację, minimum 4 razy odnotowując epizody świądu.

Badanie ankietowe zostało przeprowadzone poprzez kwestionariusze Google Forms. Zastosowane narzędzia badawcze to m.in.: ankieta przez rozpoczęciem stosowania aplikacji; ankieta po zakończeniu stosowania aplikacji SWIAD 2.0; aplikacja ŚWIAD 2.0; wyniki aparatuowe parametrów skóry, m.in. pH, TEWL, stanów zapalnych, natłuszczenia, wykonane urządzeniem Curage + Khazaka.

W wizytach kwalifikacyjnych i badaniach aktywnie uczestniczyło 40 członków Studenckiego Koła Naukowego Kosmetologii. Studenci prowadzili rekrutację grupy badawczej, badania aparaturowe skóry pacjentów oraz pomagali w instalacji i szkoleni z obsługi aplikacji SWIAD 2.0. Opracowali także kwestionariusze ankiet, które pacjenci anonimowo wypełniali przed i po zakończonych badaniach. Karty badania były kodowane w celu ochrony danych osobowych pacjentów. Analizę statystyczną wykonano przy użyciu programu Statistica v.13.0 (StatSoft). Do zbierania danych oraz wspomaganie analiz statystycznych zastosowano program MS Excel 2010 (Microsoft).

Badane osoby poddane zostały ocenie parametrów skóry, m.in.: pH, TEWL (przeznaskórkowa utrata wody), natłuszczenie, stany zapalne, rumień w godzinach rannych, temperatura w zakresie 16,5–23,2°C, wilgotność otoczenia 38,5–48,0%. Parametry skóry oceniano, skanując skórę w okolicy przedramienia, nad nadgarstkiem. Przeprowadzono pomiary TEWL, stopnia nawilżenia oraz natłuszczenia naskórka przy użyciu aparatu firmy Courage + Khazaka Electronic GmbH. Odczyt pH został dokonany na podstawie Skin-pH-Meter® PH 905 firmy Courage + Khazaka. Pomiar wskaźnika rumienia wykonywany był przy użyciu sondy Mexameter® MC 900, światłem o długości 568 i 560 nm. Odbiornik mierzył światło odbite przez skórę, a określając ilość emitowanego światła, obliczał ilość światła zaabsorbowanego przez skórę. Natłuszczenie, a dokładnie poziom sebum, analizowano za pomocą sebumetru (Sebumeter® SM 815). Mierzono średnią ilość sebum na skórze zasadą fotometrii w punkcie przyłożenia. Jednostka podaje ilość sebum w µg/cm.

Zestawienie danych socjogeograficznych analizowanej grupy przedstawia tabela 1.

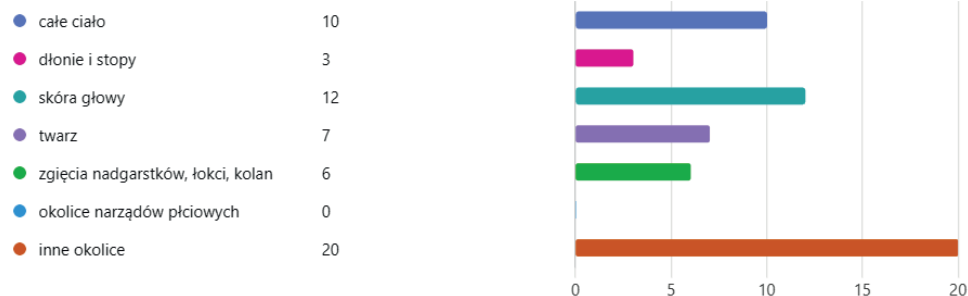
Tabela 1. Charakterystyka socjodemograficzna badanej próby ($n = 45$)

Zmienna	Podgrupa	%
Płeć	kobieta	96
	mężczyzna	4
Wiek	18–20 lat	13
	21–29 lat	60
	30–39 lat	13
	40–49 lat	4
	50–59 lat i więcej	8
Wykształcenie	średnie	89
	wyższe	11
Wielkość miejscowości	wieś	18
	miasto do 10 tys. mieszkańców	16
	miasto 10 tys. – 100 tys. mieszkańców	31
	miasto powyżej 100 tys. mieszkańców	36

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki badań

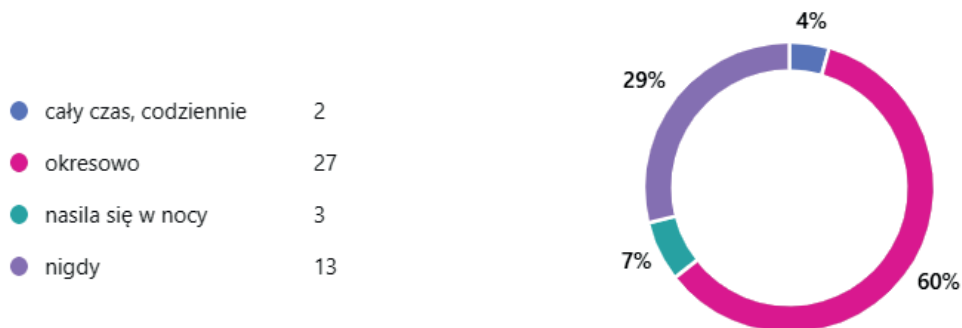
W celu weryfikacji uczestników badania przeprowadzona była ankieta wstępna. Największa grupa badanych – 30% – odczuwała świąd od kilku miesięcy, 13% nigdy, 8% świąd towarzyszy od zawsze, a 7% od przynajmniej 5 lat. Ze względu na lokalizację świądu badanych – zestawienie przedstawia wykres 1. Najczęściej była to skóra głowy – 21% badanych, całe ciało – 17%, twarz – 12% czy zgięcia kolanowe, łokciowe. Natomiast 34% ankietowanych wskazało inne okolice.

Wykres 1. Zestawienie lokalizacji świądu u grupy badanej ($n = 45$)

Źródło: opracowanie własne.

Na pytanie, jak często odczuwają świąd, respondenci odpowiadali: 60% – okresowo, 29% – nigdy, 7% – nasila się w nocy, a 4% – cały czas, codziennie. Wyniki przedstawiono na wykresie 2. Respondenci określali ponadto intensywność odczuwanego świądu: jako bardzo słaby oceniło – 36%, słaby – 20%, średni – 40%, silny – 2% i bardzo silny – 2%.

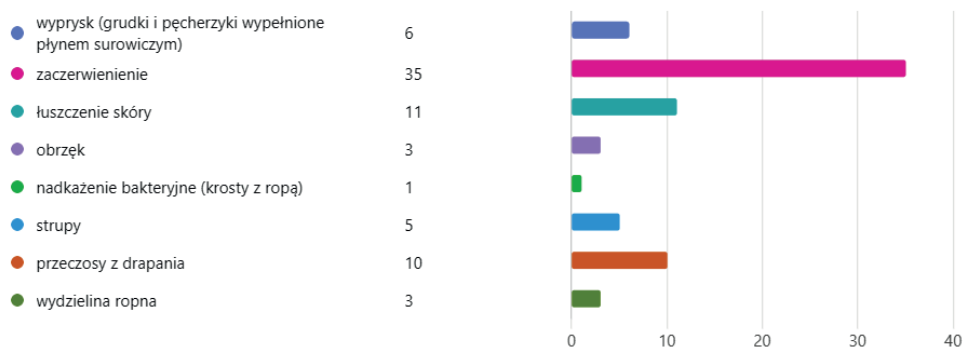
Wykres 2. Zestawienie częstości występowania świądu u grupy badanej ($n = 45$)



Źródło: opracowanie własne.

Kolejno respondenci określali, jakie inne objawy towarzyszą świądowi (wykres 3). Najwięcej, bo aż 47% osób, wskazało jako dodatkowy objaw zaczerwienienia skóry, łuszczenie się skóry – 15% i przeczasy z drapania – 14%.

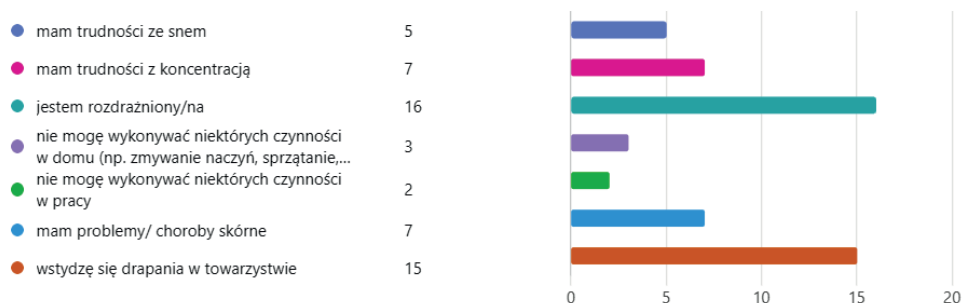
Wykres 3. Zestawienie innych objawów które towarzyszą świądowi ($n = 45$)



Źródło: opracowanie własne.

W kolejnym pytaniu oceniano wpływ świądu na jakość życia (wykres 4). 29% badanych wskazało wpływ na rozdrażnienie, 27% – wstyd przed drapaniem w towarzystwie, 13% – trudności z koncentracją i 13% – problemy skórne.

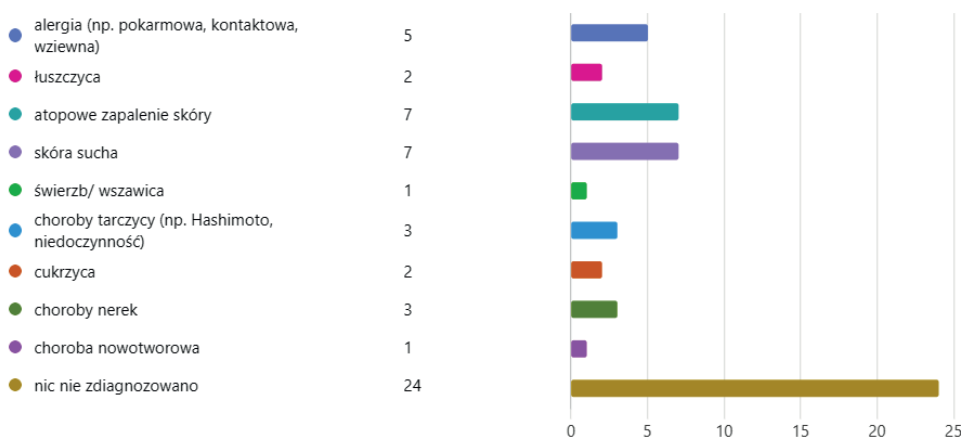
Wykres 4. Zestawienie wyników wpływu świądu na jakość życia badanych ($n = 45$)



Źródło: opracowanie własne.

Respondenci zapytani o zdiagnozowane u nich choroby, którym może towarzyszyć świąd, w większości – 44% – stwierdzili, że nic nie zdiagnozowano. Jedynie 13% badanych potwierdziło diagnozę atopowego zapalenia skóry, 13% – suchej skóry, 9% – alergii, 5% – choroby nerek, 5% – choroby tarczycy, 4% – łuszczycy, 4% – cukrzycy. 2% ankietowanych pacjentów cierpi na nowotwory i 2% na świerzb/ wszawicę.

Wykres 5. Zdiagnozowane u respondentów choroby (stany), którym może towarzyszyć świąd skóry



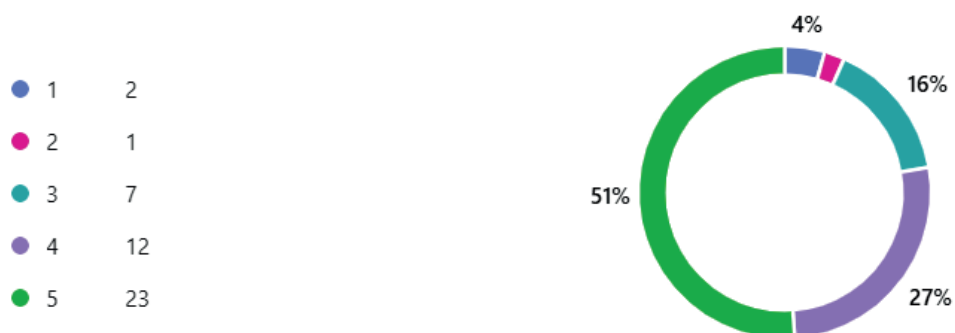
Źródło: opracowanie własne.

Ankietowani przyjmujący leki na stałe (np. leki na nadciśnienie, podwyższony cholesterol, antydepresanty, uspokajające, antyhistaminowe, rozrzedzające krew) stanowili 30% grupy badanych, doraźnie – 25%, natomiast 45% przyjmuje

suplementy diety. Leki, które przyjmują, to m.in.: antykoncepcja, adaptogeny, tel-fexo, euthyrox, carzap, lercan, letrox, escitalopram, cipronex, antydepresanty i inne.

Ankieta wypełniona po badaniu pokazała, że 96% badanych zbierało informacje o epizodach świądu w aplikacji SWIAD 2.0. Przez okres użytkowania aż 40, czyli 89% badanych zastosowało aplikację minimum 4 razy. Ocena aplikacji w skali od 1 (najniższa ocena) do 5 (najwyższa ocena) została przedstawiona na wykresie 6. Aż 51% ankietowanych oceniło aplikację na 5, a 27% na 4.

Wykres 6. Ocena aplikacji mobilnej SWIAD 2.0 w skali od 1 do 5 (1 oznacza najniższą ocenę, 5 najwyższą)



Źródło: opracowanie własne.

W ramach badania przeprowadzono także analizę parametrów skóry, wykorzystując urządzenie Courage + Khazaka. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie uśrednionych wyników badania parametrów skóry – skóra na przedramieniu ($n = 40$)

Lp.	Badany parametr	Wartość średnia przed badaniem	Wartość średnia po zakończeniu badań
1.	pH	5,49	5,53
2.	TEWL	14%	15%
3.	Natłuszczenie/ sebum	0,4	0,4
4.	Stan zapalny/ rumień	31,4	31,9

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki zebrane w aplikacji SWIAD 2.0 przez okres trzech miesięcy przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Zestawienie wyników zebranych w aplikacji SWIAD 2.0 ($n = 40$)

Lp.	Obserwacje oceniane w aplikacji	Wartość obserwacji
1.	Zdiagnozowane choroby dermatologiczne lub inne	suchość skóry – 28% trądzik zwyczajny i trądzik różowaty – 18% atopowe zapalenia skóry – 13% alergie skórne – 10% łupież – 5% łuszczyca – 5% brak schorzeń – 21%
2.	Przyjmowane leki	leki stosowane zewnętrznie, emolienty – 48% doustne – 23% nie przyjmuje żadnych – 20% antykonceptyjne – 10%
3.	Symptomy	zaczerwienie – 20% wysypka – 41% świąd (tylko) – 14% ropień – 3,5% obrzęk – 21,5%
4.	Region (rejon ciała)	twarz – 40% okolica łokci – 19% plecy – 14% głowa – 10% okolica kolan – 8% całe ciało – 6% brzuch – 3%
5.	Skala świądu (od 1 do 10) 1 – minimalny świąd 5 – przeciętny świąd 10 – maksymalny świąd	Skala 1 – 19% Skala 2 – 3% Skala 3 – 17% Skala 4 – 15% Skala 5 – 22% Skala 6 – 5% Skala 7 – 9% Skala 8 – 3% Skala 9 – 3% Skala 10 – 4%
6.	Stosowane środki łagodzące świąd	zastosowanie kosmetyków – 71% niezastosowanie żadnego preparatu – 17% zastosowanie leku – 12%

Podsumowanie

Przeprowadzone badania miały na celu ocenę użyteczności aplikacji mobilnej SWIAD 2.0 w diagnostyce pacjentów ze schorzeniami przebiegającymi ze świądem oraz towarzyszącymi mu innymi objawami, symptomami, zastosowanymi środkami łagodzącymi. Analiza porównawcza została przeprowadzona na grupie 40 pacjentów, którym badania skóry oraz szkolenie ze stosowania aplikacji wykonali członkowie Studenckiego Koła Naukowego Kosmetologii Akademii WSB. W badaniach uwzględniono także wpływ leczenia, stanu skóry, stosowanych leków oraz zdiagnozowanych schorzeń na występowanie świądu.

Kwestionariusz mierzył ważne aspekty różnicujące świąd, takie jak: lokalizacja, czas i stosowanie leczenia. Osoby z grupy pacjentów zgłaszały również znacznie bardziej subiektywne swędzenie niż osoby niebędące pacjentami, które również zaznaczały, że obecnie doświadczają swędzenia. Oczywista trudność w próbie pomiaru świądu polega na jego nieuchwytności dla oka naukowca. Swędzenie jest subiektywnym doświadczeniem, zwykle ocenianym na podstawie indywidualnych odczuć, mimo że sugerowano nowsze podejścia, oparte na systemach neurofizjologicznych lub endokrynologicznych. Bezstronna ocena jest trudna w przypadku pomiarów dokonywanych na podstawie własnych raportów. W celu walidacji subiektywnych pomiarów są one często korelowane z innymi, bardziej obiektywnymi pomiarami, m.in. parametrów skóry.

Zdolność zatrzymywania wody przez *stratum corneum* jest istotnym parametrem regulującym nawilżanie skóry, warstwa rogowa naskórka zawiera 12% wody. Wygląd zewnętrzny skóry związany jest z zatrzymywaniem wody w naskórku, a odchylenia od średniej wartości mogą być niewielkie (przy przepływie $5 \text{ g/m}^2/\text{h}$ utrata wody wynosi 300–400 ml w ciągu doby). Wyniki poniżej 12% sygnalizują nisko poziom nawilżenia i skórę suchą. Wyniki uzyskane w badaniu nie są wysokie i świadczą o niskim poziomie nawilżenia skóry u badanej grupy. W skórach względnie nawilżonych uzyskuje się parametry w zakresie 14–15% (Silny i in., 2009). Preparaty nawilżające mogą działać na zasadzie tworzenia błon hydrofobowych na powierzchni naskórka, błon hydrofilowych, wiązania wody w warstwie rogowej i na jej powierzchni (niskocząsteczkowe substancje nawilżające) oraz regulowania lipidowego cementu międzykomórkowego. Duża grupa badanych – 28% – wskazała, że posiada suchą skórę. 71% zastosowało preparaty nawilżające na skórę w celu łagodzenia świądu.

Analiza uzyskanych wyników pokazała, że aplikacja mobilna stanowi innowacyjne rozwiązanie w zbieraniu danych na temat intensywności świądu oraz epizodów drapania. W trakcie testowania aplikacji, które trwało od jednego do trzech miesięcy, użytkownicy zamieścili w niej minimum czterokrotnie informacje o epizodach drapania, stosowanych lekach, lokalizacji świądu, intensywności objawów

w skali od 1 do 10, zastosowanych środkach łagodzących oraz czasie, w którym wystąpiły objawy.

W medycynie znane są aplikacje do monitorowania stanu zdrowia pacjentów z cukrzycą, chorobami serca czy otyłością. Wpływ technologii na zdrowie pacjentów jest coraz większy ze względu na wagę samokontroli i monitorowania swojego stanu zdrowia oraz skuteczności terapii leczniczych (Spyrka i in., 2022). Rozwiązanie z zastosowaniem aplikacji mobilnej jest innowacją niestosowaną do tej pory w ocenie objawów schorzeń dermatologicznych. Wymaga przetestowania na większej grupie badawczej. Może stanowić punkt wyjścia do oceny świadczeń oraz tworzenia statystyk na poziomach lokalnych czy globalnych. Wraz z rozwojem technologii telefonicznych może zostać wzbogacone w zdjęcia objawów skórnych, co obecnie w mediach społecznościowych jest trendem diagnostycznym na forach poświęconych medycynie czy ocenie stanu skóry. Wzbogacenie aplikacji o dodatkowe funkcje może stanowić dalsze wyzwania dla rozwoju tego typu innowacyjnych rozwiązań w telemedycynie.

Testowaną aplikację mobilną SWIAD 2.0 aż 51% ankietowanych oceniło na 5, a 27% na 4 (5 – ocena najwyższa, 1 – ocena najniższa), co może świadczyć o zainteresowaniu tego typu rozwiązaniami w nowoczesnej diagnostyce medycznej czy kosmetycznej. Szczególnie młodzi ludzie – w badaniu wzięło udział 73% osób poniżej 29. roku życia – są zainteresowani tego typu rozwiązaniami.

Aktualnie w Polsce trwają prace nad certyfikacją aplikacji związanych ze zdrowiem i zakwalifikowaniem ich jako wyroby medyczne. Ideą tworzenia takich aplikacji może być monitorowanie stanu zdrowia pacjentów w warunkach domowych. Tworzenie i testowanie takich aplikacji przez ludzi młodych, najbardziej zainteresowanych tego typu rozwiązaniami, to krok w kierunku rozwoju rozwiązań cyfrowych oraz narzędzi opartych na technologiach mobilnych.

Bibliografia

- Dalgard, F., Dawn, A.G., Yosipovitch, G. (2007). Are itch and chronic pain associated in adults? Results of a large population survey in Norway. *Dermatology*, 214(4): 305–309. doi: 10.1159/000100881
- Feng, J., Luo, J., Yang, P., et al. (2018). Piezo2 channel-Merkel cell signaling modulates the conversion of touch to itch. *Science*, 360(6388): 530–533. doi: 10.1126/science.aar5703.
- Galatian, G., Stearns, G., Grau, R. (2010). Itching in connective tissue diseases and other common systemic diseases. *Dermatologia po Dyplomie*, 1(4): 75–83.
- Matterne, U., Strassner, T., Apfelbacher, C.J., et al. (2009). Measuring the prevalence of chronic itch in the general population: development and validation of a questionnaire for use in large-scale studies. *Acta Derm Venereol.*, 89(3): 250–256. doi: 10.2340/00015555-0641.

- Schneider, G., Ständer, S., Kahnert, S., Pereira, M. (2022). Biological and psychosocial factors associated with the persistence of pruritus symptoms: protocol for a prospective, exploratory observational study in Germany. *BMJ Open.*, 12(7). doi: 10.1136/bmjopen-2022-060811.
- Spyrka, K., Brela, J., Bańkowska, K. (2022). Rola aplikacji mobilnych w branży medycznej. *Forum Leczenia Ran*, 3(3): 111–117. doi: 10.15374/FLR2022014.
- Weisshaar, E., Szepietowski, J.C., Dalgard, F.J., et al. (2019). European S2k guideline on chronic pruritus. *Acta Derm Venereol.*, 99(5): 469–506. doi: 10.2340/00015555-3164.
- Silny, W., Czarnecka-Operacz, M., Hasse-Cieślińska, M., Marciniak, A., Olek-Hrab, K., Dańczak-Pazdrowska, A. (2009). Wpływ emolientu Eucerin® kojące mleczko do ciała 12% Omega na przeznaskórkową utratę wody, nawilżenie naskórka i elastyczność skóry u dzieci chorych na atopowe zapalenie skóry. *Post Dermatol Alergol.*, XXVI, 26(1): 8–16.

Michał Gruszka, Łukasz Krywult,
Paweł Respondek, Wiktoria Witkowska¹,
lek. Elżbieta Leszczyńska-Knaga,
mgr Kamil Skubis, dr Karolina Sygulska²

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

Streszczenie

W artykule została porównana skuteczność stetoskopów klasycznych i cyfrowych w diagnostyce pacjentów, ze szczególnym uwzględnieniem pracy ratowników medycznych. Badanie koncentrowało się na jakości słyszanych dźwięków, wpływie hałasu na postawienie diagnozy oraz czasie niezbędnym do przeprowadzenia badania osłuchowego.

Słowa kluczowe: stetoskop cyfrowy, stetoskop klasyczny, diagnostyka, ratownictwo medyczne

1 Studenci Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej

2 Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej

Wstęp

Stetoskop jest jednym z najbardziej rozpoznawalnych symboli zawodu lekarza czy ratownika medycznego. Jego wynalezienie 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. Pierwsze urządzenie tego typu, w postaci prostej tuby z drewna, wynalazł w 1816 roku francuski lekarz René Laennec (Laennec, 1819). W kolejnych dekadach stetoskop był stopniowo udoskonalany – wprowadzono wersję binauralną, a następnie ulepszono materiały i konstrukcję w celu zwiększenia precyzji dźwiękowej (Roguin, 2006).

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. Znaczenie stetoskopów w medycynie jest nie do przecenienia – odgrywają kluczową rolę w diagnostyce w podstawowej opiece zdrowotnej, medycynie ratunkowej, kardiologii i pulmonologii (Patel i in., 2001).

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 (Wang et al., 2009). Stetoskop klasyczny składa się z głowicy, w której znajdują się membrana oraz lejek, przewodów dźwiękowych i oliwek dopasowanych do uszu użytkownika. Dźwięki ciała są przekazywane przez membranę, która rejestruje fale dźwiękowe i przekazuje je do rurek akustycznych, gdzie są dalej wzmacniane (Omarov i in., 2003).

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 (Leng i in., 2015). 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 (Jain et al., 2021). Stetoskop cyfrowy oprócz rejestracji dźwięku posiada dodatkowe funkcje, umożliwiające cyfrową obróbkę dźwięku. 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 (Ang i in., 2023). Ponadto niektóre modele wyposażone są w moduły Bluetooth, umożliwiające zapis i przesyłanie nagrań dźwiękowych do analizy komputerowej lub telemedycznej konsultacji (Wu i in., 2022).

1. Przedmiot i cel badań

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 diagnozowanie pacjenta będzie łatwiejsze, szybsze i dokładniejsze. Jest to o tyle ważne, że ratownicy medyczni często znajdują się w sytuacjach, w których konieczne jest szybkie i precyzyjne rozpoznanie stanu pacjenta.

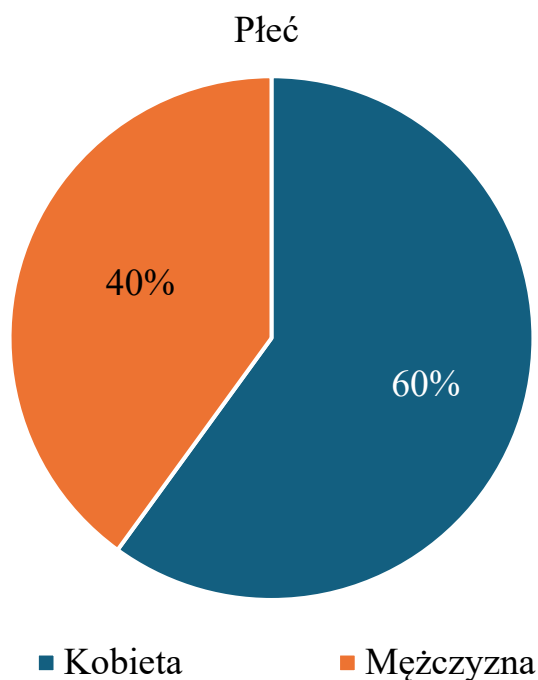
Badanie koncentrowało się na porównaniu obu typów stetoskopów pod kątem ich skuteczności w identyfikacji specyficznych szmerów oddechowych, które mogą wskazywać na obecność schorzeń takich jak: infekcje górnych dróg oddechowych, astma czy inne choroby układu oddechowego.

2. Metodyka badań

W wizytach kwalifikacyjnych wzięło udział 60 osób dorosłych. W celu dotarcia do potencjalnych uczestników badania zaproszono do współpracy przy organizacji i realizacji wizyt kwalifikacyjnych jeden z podmiotów medycznych z terenu województwa śląskiego. Osoby zainteresowane udziałem w badaniu wyraziły zgodę na udział w wizycie kwalifikacyjnej i – w przypadku pozytywnej kwalifikacji – na udział w badaniu właściwym, jak również wyraziły zgodę na udział studentów Akademii WSB w kwalifikacjach i badaniach. Studenci biorący udział w badaniu byli przygotowywani do procedury osłuchiwania stetoskopami klasycznymi i cyfrowymi.

Spśród tej grupy do badań właściwych zakwalifikowano 40 pacjentów ze schorzeniami możliwymi do zdiagnozowania za pomocą stetoskopu. 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.

W badaniu udział wzięły 24 kobiety i 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. Podział badanych ze względu na wiek przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Rozkład badanych ze względu na wiek

Wiek	<i>N</i>	%
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 grupę studentów wyposażonych w stetoskopy cyfrowe (grupa A – 20 osób), a następnie przez drugą grupę, wyposażoną w stetoskopy klasyczne z głowicą jednostronną (grupa B – 20 osób). Studenci z poszczególnych grup zapisywali postawioną przez siebie diagnozę na karcie badania, bez konsultacji z pacjentem oraz innymi studentami. Podczas badania monitorowany był czas badania pacjenta, 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.

W wizytach kwalifikacyjnych i badaniach aktywnie uczestniczyło 40 członków Studenckiego Koła Naukowego Ratownictwa Medycznego „360j”. Studenci opracowali kartę badania, na której zapisywane były stawiane przez nich diagnozy i czasy wykonania badań. Opracowali 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.

Wszystkie wyniki ilościowe zostały zebrane w arkuszu kalkulacyjnym Excel i przeanalizowane z użyciem podstawowych narzędzi statystycznych.

3. Wyniki

Ocena osób wykonujących badania osłuchowe

Studenci prowadzący badania w warunkach cichych ocenili jakości słyszanych szmerów oddechowych bardzo wysoko, niezależnie od tego, jakim rodzajem stetoskopu prowadzili badania. W przypadku badań prowadzonych w warunkach wzmożonego hałasu nie byli tacy zgodni. Członkowie zespołu B (stetoskop klasyczny) przyznali, że hałas miał wpływ na słyszalność i jakość odbieranych dźwięków osłuchowych. Odpowiedzi studentów z zespołów badawczych A i B zaprezentowano odpowiednio w tabelach 2 i 3.

Tabela 2. Słyszalność i jakość szmerów oddechowych podczas badania pacjentów stetoskopem cyfrowym

Ocena słyszalności i jakości dźwięku	Badanie bez hałasu		Badanie z hałasem w tle	
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%
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.

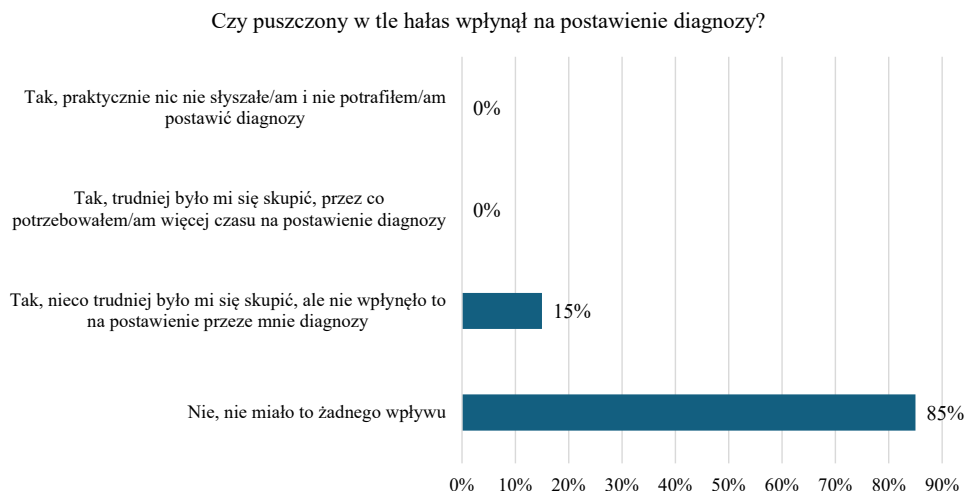
Tabela 3. Słyszalność i jakość szmerów oddechowych podczas badania pacjentów stetoskopem klasycznym

Ocena słyszalności i jakości dźwięku	Badanie bez hałasu		Badanie z hałasem w tle	
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%
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.

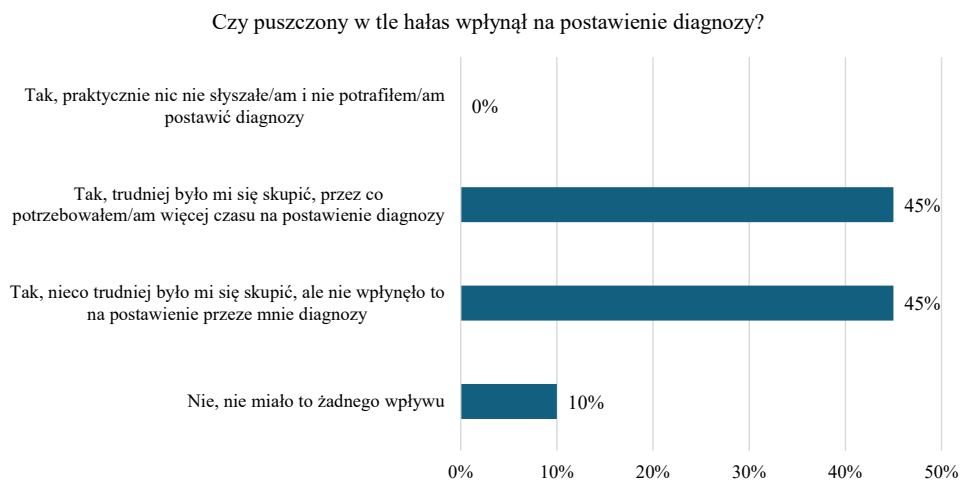
Zdaniem osób diagnozujących pacjentów przy pomocy stetoskopów cyfrowych, puszczonego w tło dźwięk imitujący uliczny gwar nie miał wpływu na postawienie diagnozy. Natomiast w przypadku badań z wykorzystaniem stetoskopów klasycznych wpływ hałasu na postawienie diagnozy dostrzegła prawie połowa studentów. 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.

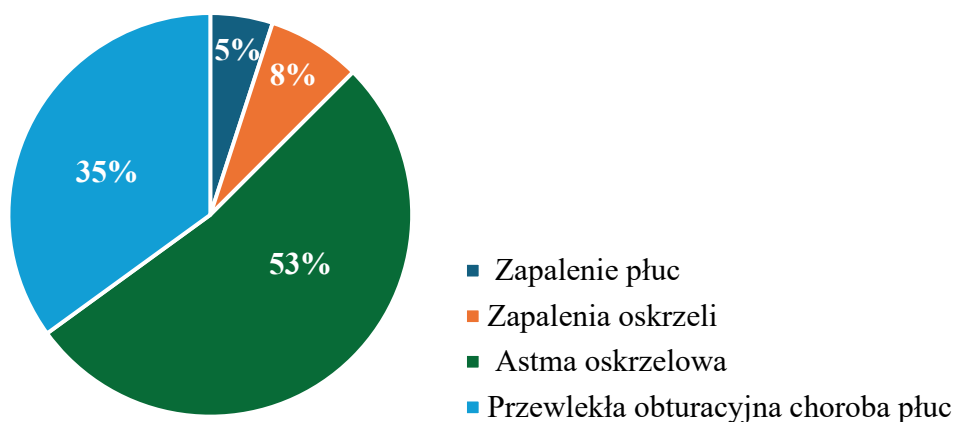
4. Trafność diagnozy

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 nie znali ich przyczyny. Osoby te, po zakończeniu badań prowadzonych przez studentów, zostały dodatkowo osłuchane przez wykwalifikowanego ratownika medycznego z wieloletnim doświadczeniem. Pozwoliło to zweryfikować trafność diagnoz postawionych przez studentów.

Podczas badania 30 pacjentów, bez zakłóceń w tle, wszyscy studenci, zarówno z grupy A (badania stetoskopem cyfrowym), jak i grupy 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 puszczonego w tle dźwiękiem imitującym uliczny gwar, odpowiedzi studentów z grupy 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

Zdiagnozowane schorzenia



Źródło: opracowanie własne

5. Czas badania

Średni czas badania pacjentów z zastosowaniem stetoskopów cyfrowych (grupa 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 4.

Tabela 4. Średni czas badania stetoskopem klasycznym i cyfrowym

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

Źródło: opracowanie własne.

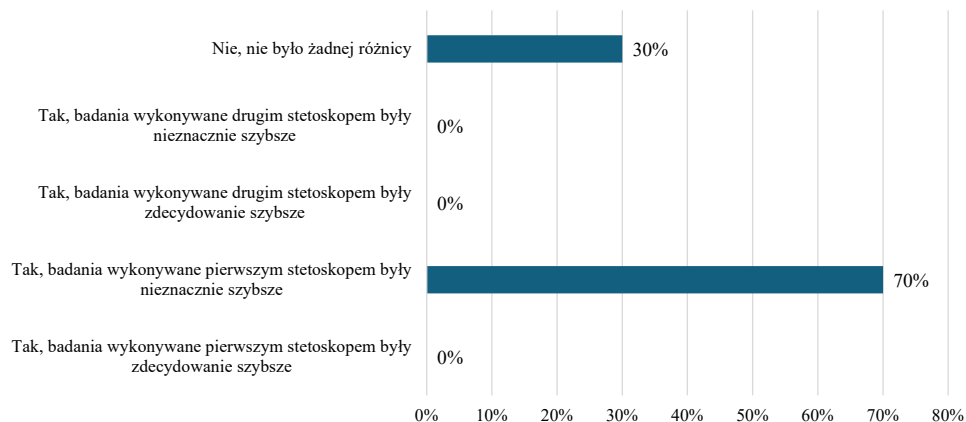
Opinia pacjentów

Pacjenci uczestniczący w badaniach nie dostrzegali znaczącej różnicy czasowej w długości wykonywania badania. Część pacjentów odczuła co prawda różnicę na korzyść stetoskopów cyfrowych³, natomiast była to różnica nieznaczna. Odpowiedzi pacjentów zaprezentowano na wykresie 5.

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

Wykres 5. Czas badania w opinii pacjentów

Czy odczuł Pan/Pani różnice czasowe w długości wykonywania badania?

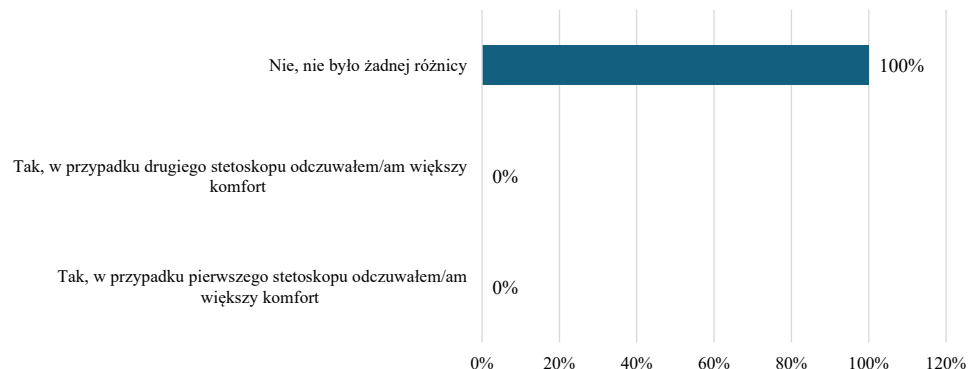


Źródło: opracowanie własne.

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

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, których badania osłuchowe wykonali członkowie Studenckiego Koła Naukowego „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 osłuchiwania 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 mieć istotne znaczenie w sytuacjach wymagających szybkiego postawienia diagnozy i szybkiego włączenia leczenia.

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

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.

Uzyskane przez studentów wyniki potwierdzają także inne badania wskazujące na korzyści płynące z wykorzystania stetoskopów cyfrowych, zwłaszcza

w kontekście telemedycyny oraz sztucznej inteligencji wspomagającej diagnostykę (Tazarourte i in., 2011). 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 (Chowdhury et al., 2019). 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 (Seah i in., 2023). 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 (Kevat i in., 2017).

Należy jednak pamiętać o wyzwaniach związanych 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 (Kalinauskienė i in., 2019). Niemniej jednak rozwój technologii i coraz większa liczba badań potwierdzających skuteczność stetoskopów cyfrowych sugerują, że ich rola w diagnostyce będzie rosła w nadchodzących latach (Nowak & Nowak, 2018).

Bibliografia

- 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>.
- Chowdhury, M.E.H., Khandakar, A., Alzoubi, K., Mansoor, S. et al. (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>.
- Jain, A., Sahu, R., Gaumnitz et al. (2021). Development and validation of a low-cost electronic stethoscope: DIY digital stethoscope. *BMJ Innovations*. <https://innovations.bmj.com/content/7/4/609>.
- Kalinauskienė, E., Razvadauskas, H., Morse, D.J. et al. (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>.
- Kevat, A.C., Kalirajah, A., Roseby, R. (2017). Digital stethoscopes compared to standard auscultation for detecting abnormal pediatric breath sounds. *European Journal of Pediatrics*, 176: 989–992. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00431-017-2929-5>.
- Laennec, R.T.H. (1819). *Traité de l'auscultation médiate et des maladies des poumons et du cœur*. Paris: Brosson & Chaudé.
- Leng, S., Tan, R.S., & Chai, K.T.C. (2015). The electronic stethoscope. *Biomed Eng Online*, 14(66). doi: 10.1186/s12938-015-0056-y.

- Nowak, L.J., Nowak, K.M. (2018). Sound differences between electronic and acoustic stethoscopes. *BioMedical Engineering Online*, Springer. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s12938-018-0540-2.pdf>.
- Omarov, B., Tuimebayev, A., Abdrakhmanov, R. et al. (2023). Digital stethoscope for early detection of heart disease on phonocardiography data. *International Journal of Biomedical Engineering*. https://www.researchgate.net/publication/374487368_Digital_Stethoscope_for_Early_Detection_of_Heart_Disease_on_Phonocardiography_Data.
- Patel, S., Mehta, J., & Shah, J. (2021). Stethoscope: Evolution, types, and significance in modern medicine. *J Med Devices*, 15(4), 023001.
- Roguin, N. (2006). Rene Theophile Hyacinthe Laennec (1781–1826): The man behind the stethoscope. *Clin Med Res*, 4(3): 230–235.
- 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>.
- Tazarourte, K., Tourtier, J.P., Libert, N., Clapson, P. et al. (2011). Auscultation in flight: comparison of conventional and electronic stethoscopes. *Air Medical Journal*, Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1067991X10003561>.
- Wang, H., Chen, J., & Hu, Y. (2009). Heart sound measurement and analysis system with a digital stethoscope. *IEEE Biomed Eng*, 56(5): 1563–1570.
- Wu, Y.C., Han, C.C., Chang, C.S. et al. (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>.

Między intuicją a racjonalnością – etyczne wybory decyzyjne w praktyce zarządzania projektami

Streszczenie

Podejmowanie decyzji w zarządzaniu projektami to proces złożony, w którym ważną rolę odgrywają zarówno czynniki racjonalne, jak i intuicyjne. Współczesne realia zarządzania, obciążone presją czasu, ryzykiem i odpowiedzialnością etyczną, skłaniają menedżerów do balansowania między analizą danych a szybkim reagowaniem w oparciu o własne doświadczenie i wartości. Celem niniejszego artykułu była analiza, które z podejść – intuicyjne czy racjonalne – dominuje w praktyce menedżerów projektów oraz jakie czynniki wpływają na wybory podejmowane w sytuacjach etycznych. W artykule przedstawiono wyniki badań ankietowych przeprowadzonych wśród osób zaangażowanych w realizację projektów w różnych branżach. Respondenci zostali poproszeni m.in. o wskazanie najważniejszych cech menedżera etycznego, ocenę wpływu kultury organizacyjnej na etyczność decyzji, a także o opinię na temat szkoleń i narzędzi wspierających etyczne zarządzanie. Analiza odpowiedzi pozwoliła zidentyfikować preferowane style decyzyjne oraz zrozumieć, w jakich sytuacjach dominują działania intuicyjne, a kiedy górę bierze racjonalna analiza.

Słowa kluczowe: etyka, zarządzanie projektami, podejmowanie decyzji, intuicja, racjonalność, dylematy etyczne, menedżer projektu

1 Student Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej

2 Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej

Wstęp

Zarządzanie projektami to nie tylko realizacja założonych celów w określonym czasie i budżecie, ale również podejmowanie licznych decyzji, które często mają charakter strategiczny, operacyjny, a nierzadko również etyczny. Współczesne środowisko projektowe, pełne zmienności, niepewności i presji, wymusza na menedżerach szybkie reakcje, nierzadko w sytuacjach, gdy nie istnieje jednoznacznie „właściwa” odpowiedź. W takich przypadkach pojawiają się dylematy, w których trzeba wyważyć między tym, co skuteczne, a tym, co słuszne. Decyzje podejmowane przez kierowników projektów i członków zespołów projektowych mają istotne konsekwencje nie tylko dla przebiegu samego projektu, ale również dla interesariuszy wewnętrznych i zewnętrznych. Coraz częściej mówi się o konieczności uwzględniania norm etycznych w procesie decyzyjnym. Dylematy etyczne mogą dotyczyć m.in. zatajenia ryzyka, obchodzenia procedur, faworyzowania wykonawców czy braku transparentności w komunikacji. W takich sytuacjach wybór między intuicyjnym odruchem a chłodną analizą danych staje się punktem centralnym odpowiedzialnego zarządzania. Dodatkowym wyzwaniem w tym kontekście jest niejednolita interpretacja norm etycznych oraz brak jednoznacznych wytycznych w wielu organizacjach, które pozostawiają decydentom dużą przestrzeń do samodzielnej oceny. Styl podejmowania decyzji – oparty na analizie lub intuicji – może zatem w istotny sposób wpływać na przebieg sytuacji problemowej, jej rozwiązanie oraz postrzeganą etyczność działań. To, czy menedżer kieruje się zinternalizowanym kodeksem moralnym, organizacyjnymi procedurami, czy może własnym przeczuciem i doświadczeniem, często determinuje jakość podejmowanych decyzji oraz ich długofalowe konsekwencje.

Etyka w zarządzaniu projektami – ujęcie teoretyczne

Wraz ze wzrostem znaczenia projektów w działalności organizacji, zwiększa się również rola kierowników projektów jako decydentów – nie tylko w kontekście efektywności działań, ale również ich zgodności z normami społecznymi i etycznymi (Sońta-Drączkowska, 2018). Projekty, jako tymczasowe i złożone inicjatywy, generują wiele sytuacji, w których decyzje nie mogą opierać się jedynie na kalkulacjach ekonomicznych czy logice procesowej, lecz wymagają rozważenia wymiaru moralnego. Etyka w zarządzaniu projektami nie jest już jedynie elementem dodatkowym, ale integralną częścią całego procesu decyzyjnego. Etyka projektowa to zbiór zasad, wartości i norm, które określają, jak osoby zaangażowane w projekt powinny postępować wobec siebie nawzajem, wobec klientów, partnerów i interesariuszy. Z punktu widzenia organizacyjnego ma ona na celu nie tylko wspieranie uczciwości i transparentności, ale również budowanie zaufania, które jest fundamentem współpracy zespołowej i relacji zewnętrznych (Müller & Turner, 2010). Kwestie etyczne pojawiają się na wielu płaszczyznach projektu – od procesu

planowania i alokacji zasobów, przez wybór wykonawców i zarządzanie ryzykiem, aż po rozliczenie rezultatów i ocenę efektywności.

Do najważniejszych obszarów etycznych w zarządzaniu projektami należą m.in.:

- **transparentność i uczciwość w komunikacji** – obowiązek przekazywania rzetelnych informacji, zarówno wewnątrz zespołu, jak i wobec interesariuszy;
- **odpowiedzialność za decyzje** – ponoszenie konsekwencji za działania własne oraz zespołu, szczególnie w sytuacjach kryzysowych;
- **poszanowanie zasobów i uczciwe gospodarowanie budżetem** – wykluczające nadużycia, manipulacje lub celowe przekraczanie budżetu dla korzyści indywidualnych;
- **unikanie konfliktów interesów** – zachowanie niezależności i obiektywizmu w ocenie ofert, wyborze dostawców czy alokacji zadań;
- **równość i sprawiedliwość w traktowaniu członków zespołu** – zapewnienie równych szans i przeciwdziałanie dyskryminacji;
- **szacunek dla prywatności i danych** – zwłaszcza w projektach związanych z analizą informacji, danych osobowych czy raportowaniem.

Naruszenia etyczne w projektach mogą prowadzić nie tylko do problemów wizualnych, ale również do realnych strat finansowych, demotywacji zespołu i utraty zaufania interesariuszy. Z tego względu wielu autorów podkreśla konieczność włączania zasad etycznych do formalnych struktur zarządzania – poprzez kodeksy etyczne, mechanizmy kontroli oraz szkolenia.

Modele podejmowania decyzji etycznych

Proces podejmowania decyzji w kontekście projektowym rzadko bywa prosty i jednoznaczny. W praktyce kierownicy projektów często działają pod presją czasu, z ograniczonym dostępem do danych, w warunkach niepełnych informacji lub sprzecznych interesów. W takich sytuacjach mechanizm decyzyjny może przybierać różne formy – od chłodnej analizy opartej na faktach, po decyzje intuicyjne, wynikające z doświadczenia i wewnętrznego kompasu moralnego (Skarba, 2014: 136).

Literatura zarządzania wyróżnia kilka modeli podejmowania decyzji etycznych. Do najważniejszych należą:

- **model racjonalny** – decyzja jest wynikiem analizy faktów, możliwych scenariuszy oraz konsekwencji, często z uwzględnieniem formalnych procedur (np. ISO, PRINCE2);
- **model intuicyjny** – oparty na przeczuciu, wewnętrznych wartościach i wcześniejszych doświadczeniach, szczególnie popularny w sytuacjach kryzysowych lub szybko zmieniających się warunkach (Malewska, 2018: 129);
- **model sytuacyjny** – zakłada, że kontekst i warunki zewnętrzne determinują najlepsze rozwiązanie, uwzględnia aspekty kulturowe, środowiskowe, interesariuszy;

- **model etyczno-universalny** – decyzja powinna być zgodna z uniwersalnymi wartościami, takimi jak uczciwość, sprawiedliwość, szacunek dla drugiego człowieka.

Wybór modelu decyzyjnego zależy nie tylko od osobowości i kompetencji menedżera, ale również od presji organizacyjnej, kultury pracy oraz dostępnych narzędzi wspierających refleksję etyczną. Wiele organizacji wprowadza systemy *compliance* oraz szkolenia z zakresu etyki, aby promować bardziej świadome podejmowanie decyzji.

Dylemat pomiędzy decyzjami intuicyjnymi a racjonalnymi od lat stanowi przedmiot zainteresowania badaczy psychologii, zarządzania i etyki. Z jednej strony decyzje oparte na analizie danych i strukturze logicznej postrzegane są jako bardziej „obiektywne” i bezpieczne. Z drugiej jednak – w praktyce projektowej – często to doświadczenie, przeczucie czy szybka ocena sytuacji prowadzą do skutecznych rozwiązań. Intuicja może być nieoceniona w sytuacjach nowych, złożonych lub niejasnych. Pozwala na szybkie działanie, opiera się na wzorcach wyuczonych w przeszłości i często wyprzedza możliwości analityczne. Jednak jej główną słabością jest subiektywność i ryzyko błędów poznawczych (np. efekt potwierdzenia, heurystyka dostępności). Racjonalność, choć bardziej wymagająca czasowo, zapewnia większą przejrzystość i możliwość weryfikacji decyzji. W kontekście etycznym może oznaczać np. korzystanie z matrycy oceny ryzyka etycznego, konsultacje z zespołem czy zastosowanie testu uniwersalności (czy decyzja byłaby słuszna, gdyby dotyczyła wszystkich interesariuszy?). W praktyce najczęściej dochodzi do hybrydyzacji obu podejść – menedżerowie wykorzystują zarówno własne przeczucia, jak i dostępne dane, adaptując styl decyzyjny do sytuacji. Kluczem do odpowiedzialnego zarządzania projektami staje się zatem świadomość tych mechanizmów oraz gotowość do autorefleksji i ewaluacji własnych decyzji.

Wyzwania etyczne w projektach a kultura organizacyjna

Zarządzanie projektami nie odbywa się w próżni – zawsze jest osadzone w konkretnym kontekście organizacyjnym, kulturowym i społecznym. Kultura organizacyjna, czyli zbiór wartości, norm i sposobów działania charakterystycznych dla danej organizacji, odgrywa zasadniczą rolę w kształtowaniu zachowań etycznych uczestników projektów. To ona w dużej mierze determinuje, czy przestrzeganie zasad moralnych będzie uznawane za coś oczywistego i pożądanego, czy raczej za przeszkodę w osiąganiu celów. W praktyce oznacza to, że nawet najbardziej kompetentny i świadomy kierownik projektu może napotkać ograniczenia, jeśli funkcjonuje w środowisku, które nie sprzyja otwartości, odpowiedzialności i uczciwości. W kulturach organizacyjnych o silnym nastawieniu na wyniki i skuteczność, gdzie liczy się przede wszystkim realizacja wskaźników,

terminów i budżetów, etyka może schodzić na dalszy plan. Pracownicy, w tym również kierownicy projektów, narażeni są wówczas na presję, która może skutkować akceptacją nieetycznych kompromisów, jak zatajenie problemów, ukrywanie ryzyka, manipulowanie danymi czy pomijanie istotnych interesariuszy (Cleland & Ireland, 2018). W takich warunkach decyzje podejmowane są często pod wpływem stresu, braku pełnej informacji lub sprzecznych interesów, co zwiększa prawdopodobieństwo działań intuicyjnych i reaktywnych, kosztem refleksji i rozważenia etycznych konsekwencji. Z kolei organizacje, które rozwijają kulturę otwartości i dialogu, dużo lepiej radzą sobie z włączaniem etyki do codziennych procesów zarządczych.

Promowanie wartości, takich jak zaufanie, wzajemny szacunek, odpowiedzialność i uczciwość, wzmacnia gotowość do działania w sposób przejrzysty i świadomy. Tam, gdzie członkowie zespołów projektowych wiedzą, że mogą liczyć na wsparcie, konsultację i uczciwe traktowanie – także w przypadku błędów – łatwiej im kierować się własnym kompasem moralnym, a jednocześnie korzystać z racjonalnych narzędzi oceny sytuacji. W takiej kulturze menedżer projektu nie pełni wyłącznie roli koordynatora zadań, lecz staje się także liderem etycznym – osobą, która daje przykład, inspiruje i wspiera zespół w podejmowaniu trudnych decyzji. W literaturze podkreśla się również istotną rolę formalnych narzędzi wspierających etyczne zarządzanie. Kodeksy etyczne, procedury zgłaszania nieprawidłowości, standardy zgodności (*compliance*), a także cykliczne szkolenia nie tylko systematyzują wiedzę, ale dają też pracownikom poczucie bezpieczeństwa i przewidywalności. Jednak nawet najlepiej przygotowane dokumenty i procedury nie spełnią swojej roli, jeśli nie będą autentycznie stosowane przez kadrę kierowniczą. Kultura „na papierze” nie ma większego wpływu na decyzje podejmowane w stresie, pod presją klienta lub przełożonych. Pracownicy bardzo szybko wyczuwają, czy zasady mają realne znaczenie, czy są tylko elementem wizerunkowym organizacji.

Ciekawym zjawiskiem jest także to, że w niektórych środowiskach organizacyjnych podejmowanie decyzji etycznych utożsamiane jest z ryzykiem – np. utraty awansu, zerwania relacji z partnerem czy konfliktu z przełożonym. To powoduje, że nawet osoby o wysokim poziomie świadomości etycznej mogą wycofywać się z działania zgodnego z zasadami, jeśli nie czują wsparcia systemowego. Kultura organizacyjna może więc działać zarówno jako bufor etyczny, jak i czynnik erodujący postawy moralne. Dlatego tak istotna jest rola liderów, w tym kierowników projektów, którzy w swojej codziennej praktyce mogą wzmacniać standardy etyczne poprzez transparentność, sprawiedliwe traktowanie członków zespołu i konsekwencję w działaniu. Warto również podkreślić, że etyka w projektach nie ogranicza się do relacji wewnętrznych. Coraz częściej jest ona elementem budowania przewagi konkurencyjnej i reputacji organizacji w oczach klientów, inwestorów czy partnerów społecznych. W obliczu globalnych wyzwań – takich

jak ESG, zrównoważony rozwój czy transparentność łańcucha dostaw – kultura etyczna przestaje być jedynie kwestią wartości, a staje się wymogiem rynkowym i elementem strategii. Projekty prowadzone w zgodzie z wysokimi standardami etycznymi są mniej narażone na kryzysy, cieszą się większym zaufaniem interesariuszy i przyciągają zaangażowanych pracowników. Z perspektywy badań przedstawionych w dalszej części artykułu istotne będzie więc nie tylko to, jak menedżerowie postrzegają własne decyzje, ale również to, w jakim środowisku są one podejmowane. Etyka nie jest bowiem wyłącznie kwestią jednostkowej postawy, ale również efektem działania systemów, relacji i kultury, która kształtuje codzienne wybory projektowe.

Metodologia badań własnych

Celem przeprowadzonych badań była analiza preferencji decyzyjnych menedżerów i członków zespołów projektowych w kontekście dylematów etycznych – w szczególności zbadanie, w jakim stopniu decyzje te opierają się na racjonalnej analizie, a w jakim na intuicji i doświadczeniu. W badaniu podjęto również próbę identyfikacji czynników wpływających na wybór stylu decyzyjnego oraz postrzeganą etyczność podejmowanych działań.

Badania miały charakter ilościowy i zostały przeprowadzone z wykorzystaniem techniki ankiety internetowej (CAWI). Kwestionariusz badawczy składał się z pytań zamkniętych i półotwartych, w tym z pytań jednokrotnego i wielokrotnego wyboru, oraz skal porządkowych. Zawierał również pytania metryczkowe, umożliwiające określenie cech społeczno-zawodowych respondentów, takich jak: płeć, wiek, poziom wykształcenia, doświadczenie projektowe czy rola pełniona w projektach. W badaniu wzięło udział 51 respondentów reprezentujących zróżnicowane środowiska projektowe – zarówno z sektora prywatnego, jak i publicznego, a także organizacji pozarządowych. Zdecydowana większość badanych posiadała wykształcenie wyższe oraz wieloletnie doświadczenie w pracy projektowej – blisko 80% respondentów deklarowało doświadczenie przekraczające 5 lat, w tym ponad połowa powyżej 10 lat. Wśród uczestników badania znaleźli się zarówno menedżerowie projektów, jak i członkowie zespołów projektowych, kierownicy zespołów czy osoby pełniące funkcje doradcze.

Ankieta została opracowana na podstawie przeglądu literatury przedmiotu oraz treści zawartych w dokumentach branżowych, takich jak: standardy PMI, PRINCE2 oraz kodeksy etyczne organizacji projektowych. Najważniejsze obszary badawcze objęły: styl decyzyjny respondentów (*rational vs intuitive*), występowanie i charakter dylematów etycznych, czynniki wpływające na podejmowanie decyzji, ocenę kultury organizacyjnej pod względem wsparcia dla etyki projektowej, a także stosunek do narzędzi i szkoleń wspierających etyczne decyzje.

Wyniki badań własnych

Jednym z elementów badania była identyfikacja cech, które – zdaniem respondentów – mają największy wpływ na podejmowanie etycznych decyzji w środowisku projektowym. Uczestnicy ankiety zostali poproszeni o wskazanie trzech spośród wielu cech, które ich zdaniem są najbardziej dominujące u menedżera postępującego w sposób etyczny. Wyniki wskazują na wyraźną dominację cech związanych z odpowiedzialnością, uczciwością i umiejętnością analizy ryzyka. Najczęściej wskazywaną cechą była odpowiedzialność (wskazana przez 32 respondentów), co może świadczyć o silnym przekonaniu, że etyczne decyzje wymagają nie tylko wiedzy i kompetencji, ale także gotowości do ponoszenia konsekwencji za działania własne oraz zespołu. Na kolejnych miejscach znalazły się: zdolność do analizowania ryzyka (26 wskazań), uczciwość (25), asertywność (22) oraz umiejętność podejmowania decyzji pod presją (18).

Wykres 1. Kluczowe cechy menedżera projektu



Źródło: opracowanie własne na podstawie analizy.

Dominacja takich odpowiedzi potwierdza tezę, że menedżerowie projektów muszą nieustannie balansować między wymaganiami efektywności a moralną oceną sytuacji. Zdolność do analizowania ryzyka może być interpretowana jako przejaw racjonalnego podejścia do podejmowania decyzji, natomiast takie cechy jak asertywność i działanie pod presją odzwierciedlają komponent intuicyjny – szybką ocenę sytuacji, działanie w warunkach niepewności i często ograniczonej informacji. Interesujące jest to, że cechy „miękkie”, jak empatia, nie znalazły się na

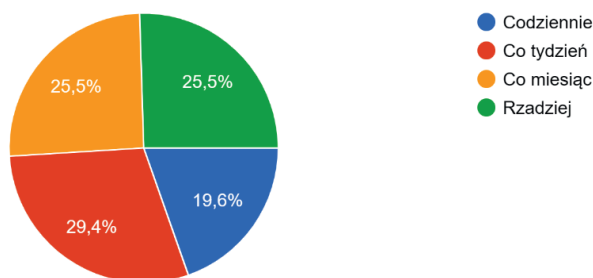
czołowych pozycjach, co może świadczyć o bardziej zadaniowym niż relacyjnym rozumieniu etyki w zarządzaniu projektami.

Zgromadzone odpowiedzi wskazują również na pewną „mieszankę stylów” – respondenci łączą kompetencje analityczne z cechami charakterologicznymi, które pozwalają działać skutecznie w warunkach napięcia czy konfliktu. Można więc wnioskować, że w praktyce styl podejmowania decyzji etycznych ma charakter hybrydowy – łączący intuicję i doświadczenie z analizą ryzyka i oceną konsekwencji. To wnioski zgodne z literaturą, według której menedżerowie projektowi często funkcjonują w środowiskach niejednoznacznych, wymagających elastycznego podejścia do problemów i ludzi.

Wykres 2. Częstotliwość podejmowania trudnych decyzji etycznych

Jak często spotyka się Pan/Pani z sytuacjami wymagającymi trudnych decyzji etycznych?

51 odpowiedzi



Źródło: opracowanie własne na podstawie analizy.

W odpowiedzi na pytanie „Jak często spotyka się Pan/Pani z sytuacjami wymagającymi trudnych decyzji etycznych?”, respondenci wykazali wyraźnie zróżnicowany, ale ogólnie wysoki poziom styczności z tego rodzaju wyzwaniami. Największa część ankietowanych – niemal 30% – wskazała, że doświadcza takich sytuacji co tydzień. Kolejne dwie grupy, stanowiące po około 25,5% każda, wskazały na częstotliwość miesięczną lub rzadziej, natomiast prawie jedna piąta badanych (19,6%) przyznała, że z dylematami etycznymi mierzy się codziennie. Oznacza to, że aż trzy czwarte respondentów spotyka się z trudnymi wyborami etycznymi co najmniej raz w miesiącu, a znaczna część dużo częściej – co tydzień lub nawet każdego dnia.

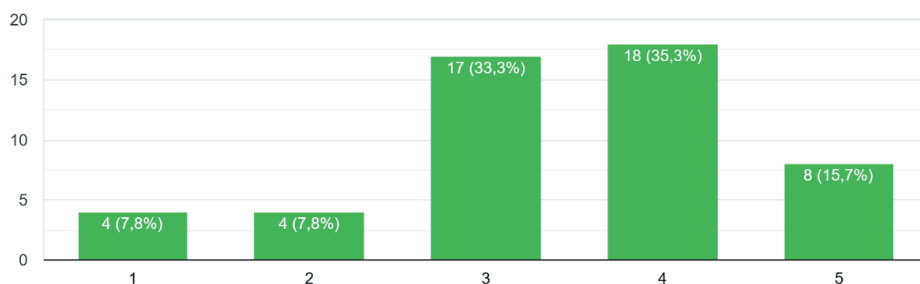
Wyniki te są jednoznacznym dowodem na to, że etyka nie stanowi w pracy projektowej marginalnej sfery, lecz przeciwnie – jest obecna w praktyce zawodowej z dużą intensywnością. To nie tylko kwestie teoretyczne omawiane na szkoleniach czy w politykach organizacyjnych, ale realne sytuacje, które

wymagają natychmiastowych, często trudnych, decyzji. Może to dotyczyć np. wyboru między terminową realizacją projektu a zachowaniem zgodności z procedurami, transparentności wobec interesariuszy lub uczciwości w komunikowaniu ryzyka. Trudne decyzje etyczne pojawiają się również w kontekście presji ze strony przełożonych, klienta, czy też w sytuacjach konfliktu interesów. Najbardziej niepokojącym sygnałem może być fakt, że jedna piąta badanych doświadcza tych dylematów codziennie. Może to wskazywać na funkcjonowanie w środowisku o wysokiej presji, braku jasno zdefiniowanych zasad lub kulturze, która nie wspiera otwartego podejmowania decyzji zgodnych z wartościami. Może to również oznaczać, że menedżerowie ci działają w projektach, które narażone są na silne naciski – zarówno czasowe, finansowe, jak i polityczne – co wymaga od nich nieustannej etycznej czujności.

Wykres 3. Wpływ presji związanej z harmonogramem projektu na etyczną decyzyjność

Na ile presja związana z harmonogramem projektu wpływa na decyzje etyczne?

51 odpowiedzi



Źródło: opracowanie własne na podstawie analizy.

W pytaniu dotyczącym wpływu presji wynikającej z harmonogramu projektu na decyzje etyczne respondenci wypowiadali się w skali od 1 (brak wpływu) do 5 (bardzo silny wpływ). Uzyskane odpowiedzi wskazują, że presja czasu jest istotnym czynnikiem wpływającym na jakość decyzji etycznych w projektach. Najczęściej wybieraną oceną była 4 – wskazało ją ponad 35% respondentów. Zaraz za nią uplasowała się ocena 3, którą wskazała niemal 1/3 badanych. Najwyższy możliwy poziom presji (ocena 5) zaznaczyło ponad 15% uczestników badania, natomiast skrajnie niskie wartości (1 i 2) uzyskały po niespełna 8% wskazań każda.

Oznacza to, że zdecydowana większość osób biorących udział w badaniu – aż 84% – dostrzega średni lub wysoki poziom wpływu presji czasowej na podejmowanie decyzji etycznych. Innymi słowy, tylko niewielki odsetek respondentów uważa, że presja harmonogramu nie wpływa lub wpływa w minimalnym stopniu

na kwestie etyczne w projektach. Dla pozostałych jest to realny czynnik zakłócający procesy decyzyjne, często wymuszający kompromisy, przyspieszenia lub decyzje nie w pełni zgodne z wartościami organizacyjnymi czy osobistym kodeksem etycznym.

Podsumowanie

Zarządzanie projektami, choć często postrzegane przez pryzmat efektywności, terminowości i realizacji budżetu, w coraz większym stopniu ujawnia również swój wymiar etyczny. Decyzje podejmowane przez menedżerów projektów i członków zespołów projektowych mają realne konsekwencje nie tylko operacyjne, lecz także moralne – zarówno w odniesieniu do wewnętrznych relacji, jak i wpływu na otoczenie zewnętrzne. Artykuł pokazał, że styl podejmowania decyzji w projektach nie ogranicza się do prostego wyboru między racjonalnością a intuicją, ale opiera się na dynamicznej interakcji tych dwóch podejść, zależnej od kontekstu, presji organizacyjnej, doświadczenia i kultury firmy.

W części teoretycznej podkreślono, że etyka w zarządzaniu projektami nie powinna być traktowana jako element wtórny, lecz jako fundament odpowiedzialnego przywództwa. Modele decyzyjne – zarówno racjonalne, jak i intuicyjne – posiadają swoje zalety i ograniczenia, a podstawową rolę odgrywa świadomość menedżera co do ich zastosowania w konkretnych sytuacjach. Intuicja może okazać się nieoceniona w sytuacjach wymagających szybkiej reakcji, jednak w kontekście etycznym niesie ryzyko subiektywizmu i błędów poznawczych. Z kolei podejście analityczne oferuje przejrzystość i możliwość weryfikacji, ale bywa czasochłonne i trudne do zastosowania w sytuacjach wysokiego napięcia. Wyniki badań własnych potwierdziły, że etyczne decyzje są codziennością w pracy projektowej. Aż 84% respondentów przyznało, że presja harmonogramu wywiera istotny wpływ na ich zdolność podejmowania decyzji zgodnych z wartościami. Jednocześnie wskazano, że dylematy etyczne pojawiają się regularnie – dla niemal połowy badanych są to sytuacje występujące przynajmniej raz w tygodniu. Pokazuje to, że zarządzanie projektami to środowisko o dużej intensywności wyzwań moralnych, które wymagają nie tylko wiedzy i kompetencji technicznych, ale również umiejętności radzenia sobie ze stresem, naciskami i niejednoznacznością.

Respondenci w sposób jednoznaczny wskazali na znaczenie takich cech menedżera jak: odpowiedzialność, zdolność do analizowania ryzyka, uczciwość oraz asertywność. Te cechy łączą w sobie zarówno racjonalne kompetencje, jak i elementy postawy wewnętrznej, budując obraz lidera etycznego – osoby, która potrafi podejmować trudne decyzje z pełną świadomością ich konsekwencji, a jednocześnie nie ucieka od dialogu, odwagi cywilnej i konsekwencji w działaniu. Jednocześnie zauważono, że w praktyce styl decyzyjny menedżerów ma charakter hybrydowy – dominują w nim zarówno elementy analityczne, jak i intuicyjne. Jest to zgodne

z literaturą, która podkreśla potrzebę elastycznego podejścia do decyzji w środowisku niepewności i zmienności. Całość analiz wskazuje na rolę kultury organizacyjnej jako czynnika wspierającego lub hamującego postawy etyczne. Tam, gdzie wartości są realnie wdrażane, a nie tylko deklarowane, pracownicy czują się uprawnieni do działania zgodnie z zasadami, nawet w obliczu trudności. W przeciwnym razie nawet najlepsze intencje i kompetencje mogą zostać zneutralizowane przez presję wyników, brak wsparcia czy obawy o konsekwencje. Z tego względu etyka projektowa powinna być traktowana nie tylko jako zestaw wartości, ale również jako systemowe narzędzie zarządzania ryzykiem, reputacją i jakością przywództwa.

Bibliografia

- Cleland, D.I., Ireland, L.R. (2018). *Project Manager's Portable Handbook* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Malewska, K. (2018). *Intuicja w podejmowaniu decyzji kierowniczych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.
- Müller, R., Turner, R. (2010). Leadership competency profiles of successful project managers. *International Journal of Project Management*, 28(5): 437–448.
- Skarba, M. (2014). Proces planowania i podejmowania decyzji na przykładzie przedsiębiorstw z województwa kujawsko-pomorskiego. *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Zarządzanie*, 41(1): 131–147.
- Sońta-Drączkowska, E. (2018). *Zarządzanie projektami we wdrażaniu innowacji*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.

Quiet firing jako bariera w budowaniu relacji i skutecznym prowadzeniu projektu

Streszczenie

Celem artykułu jest przedstawienie zjawiska *quiet firing* (tzw. ciche zwalnianie) jako dysfunkcyjnej praktyki zarządczej w kontekście relacji w przedsiębiorstwie i negatywnego wpływu na prowadzenie projektów. *Quiet firing* polega na pośrednim eliminowaniu pracowników z organizacji poprzez ograniczanie przydzielonych zadań, marginalizację ich roli w jednostce, ograniczanie rozwoju zawodowego czy pomijanie w komunikacji. Zjawisko to przez swój nieformalny charakter jest bardzo trudne do udowodnienia, jednak powoduje bardzo duże konsekwencje w kulturze organizacyjnej i pracy zespołu projektowego. Tekst wskazuje, że praktyki tego typu są niezgodne z założeniami zrównoważonego przywództwa, marketingu relacji oraz nowoczesnego zarządzania, opartego na zaufaniu i transparentnej komunikacji. W tekście omówiono mechanizmy działania *quiet firing* oraz jego skutki dla przedsiębiorstwa, a także przedstawiono kontrast pomiędzy stylami zarządzania sprzyjającymi marginalizacji a tymi, które wzmacniają zaangażowanie i lojalność zespołu. Artykuł ukazuje, że stosując praktyki cichego zwalniania, przełożony może doprowadzić do obniżenia jakości i terminowości realizacji projektów. Wskazano potrzebę wdrażania etycznych standardów w zarządzaniu kadrami oraz konieczność przeciwdziałania subtelny formom wykluczenia w środowisku pracy.

Słowa kluczowe: *quiet firing*, kultura organizacyjna, relacje w miejscu pracy, przywództwo zrównoważone, marginalizacja pracowników, nieformalne zwolnienia, marketing relacji, zarządzanie projektami

1 Doktorantka Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej
2 Doktorantka Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej
3 Studenci Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej

Quiet firing, czyli ciche zwalnianie – czy to rzeczywiście nowe zjawisko, czy raczej znana od lat praktyka, która dopiero dzięki anglojęzycznej nazwie zyskała na rozpoznawalności? Takie terminy jak: mobbing, toksyczne zarządzanie, wypalenie zawodowe, prezenteizm, *micromanagement* czy nepotyzm są doskonale znane w środowisku zarówno pracowników, jak i pracodawców (Desperak, 2022). Do katalogu niepożądanych zachowań w środowisku pracy zalicza się także *quiet firing* – bierne wypychanie pracownika z organizacji poprzez ograniczanie jego odpowiedzialności, roli w przedsiębiorstwie, marginalizację, czy brak wsparcia ze strony przełożonych, co w efekcie ma doprowadzić do jego rezygnacji z pracy. „Ciche zwalnianie” występuje w środowisku pracy od dawna, niedawno zyskało popularność poprzez rozpropagowanie tematyki w mediach społecznościowych (OpenUp.com, 2022). Obecne style zarządzania kładą nacisk na rozwijanie relacji opartych na zaufaniu, wzajemnym szacunku i lojalności. Pracownik, który czuje się bezpiecznie w środowisku pracy, jest znacznie bardziej efektywny, jego praca jest wydajniejsza, a jednostka osiąga zaplanowane zyski. Relacje w przedsiębiorstwie mają duży wpływ na jej funkcjonowanie, realizację jej celów, wielce istotne jest implementowanie marketingu relacji nie tylko do relacji pracownik firmy – klient, ale również pracownik – pracownik, przełożony – podwładny (Gitling, 2018). Komunikacja w jednostce powinna być zrozumiała, efektywna, dwukierunkowa, otwarta, transparentna, empatyczna i wspierająca. Pożądane jest, aby więzi interpersonalne w środowisku pracy miały charakter wspierający, co sprzyja współpracy i zwiększa satysfakcję z wykonywanych zadań. Silne więzi oparte na zaufaniu, wspólnych wartościach i lojalności są pożądanymi cechami relacji w środowisku zawodowym, ponieważ sprzyjają efektywnej współpracy, budują poczucie bezpieczeństwa psychicznego oraz zwiększają zaangażowanie (Jakimiuk, 2015).

Miejsce pracy, w którym może dochodzić do zjawiska *quiet firing*, cechuje jednokierunkowa komunikacja społeczna, w której fundamentem jest formalny styl, oparty na procedurach, zasadach i raportach. Atmosfera jest zimna, zdystansowana, z przejawami manipulacji, a pracownicy unikają relacji, boją się ich, są wycofani. To wszystko to efekt działań osób zarządzających organizacją, które kierują personelem poprzez zastraszanie, konflikt, nie zapewniając pracownikom poczucia bezpieczeństwa, którzy bojąc się stracenia pracy, wykonują polecenia nie z przekonania czy motywacji, lecz z obawy przed konsekwencjami (Partyka, 2023). Pracownicy boją się zadawać pytania, kwestionować decyzje, proponować zmiany, co w dłuższej perspektywie prowadzi do wypalenia zawodowego, frustracji, a co za tym idzie – spadku wydajności pracy i innowacyjności. Wynikiem tego jest pozorna efektywność, w której zadania wykonywane są mechanicznie, bez inicjatywy, kreatywności, a w poczuciu strachu, zastraszenia i niepewności. Tego rodzaju otoczenie zawodowe jest nacechowane

konformizmem, pracownicy często podejmują decyzje i wykonują polecenia niezgodne z ich wartościami i przekonaniami. Efektem opisanej polityki kadrowej i zarządczej jest spadek wydajności pracy, efektywności, a w konsekwencji – zyskowności. Organizacje nastawione w swoim funkcjonowaniu na zysk, których fundamentem jest efektywna produkcja usług, wyrobów gotowych czy innowacyjności, mogą ponieść poważne konsekwencje w związku ze stosowaniem praktyk cichego zwalniania (Partyka, 2023). W tego typu organizacjach kapitał ludzki stanowi kluczowy zasób, a jego osłabienie ma wpływ na konkurencyjność przedsiębiorstwa. Długofalowe prowadzenie cichego zwalniania, inaczej mówiąc wypychania pracowników, obniża morale całego zespołu i nie sprzyja utrzymaniu talentów. Niestety, w instytucjach publicznych, które z zasady nie są nastawione na generowanie zysku, a ich funkcjonowanie opiera się na stabilnych strukturach finansowych i konkurencyjność otoczenia nie ma wpływu na ich działalność, konsekwencje cichego wypychania pracowników nie są tak szybko zauważalne. W przypadku instytucji państwowych osoby zarządzające – niestety – mogą sobie częściej pozwolić na stosowanie *quiet firing* bez wyraźnych konsekwencji organizacyjnych czy finansowych (Matern Law Group, b.d.). W konsekwencji nieefektywna, nieetyczna i nieopierająca się na wzajemnym szacunku polityka personalna może trwać latami, bez wyraźnych sygnałów ze strony otoczenia.

Zjawisko *quiet firing* polega na stopniowym wypychaniu pracownika ze struktur organizacji, poprzez ignorowanie jego potrzeb, marginalizowanie jego obowiązków, celowe ograniczanie jego rozwoju, co w efekcie ma doprowadzić do zrezygnowania przez niego pracy. Tego rodzaju zachowania pozostają w sprzeczności z kulturą organizacyjną, której znaczenie w procesie zarządzania zasobami ludzkimi w ostatnich latach systematycznie rośnie (Desperak, 2022). Kultura organizacji jako niematerialny zasób otoczenia jednostki ma kluczowe znaczenie, gdyż jej fundamentem są relacje między pracownikami, które tworzą wspólne wartości, normy, zachowania. Jest ona elementem integrującym, ułatwia komunikację, wzajemne poczucie bezpieczeństwa, przynależności, tożsamości, redukuje konflikty i ma pozytywny wpływ na ujednolicenie podejścia do realizacji celów. Kulturę organizacyjną kształtuje styl zarządzania i struktura organizacyjna firmy (Sikorski & Sułkowski, 2014). Styl zarządzania mający znamiona *quiet firing* nie łączy się z kulturą organizacji, ponieważ podważa jej fundamentalne wartości, takie jak otwarta komunikacja, współpraca i troska o rozwój pracowników. Pracownicy oczekują od swoich przełożonych nie tylko finansowego wynagrodzenia, ale także równego traktowania, szacunku, możliwości rozwoju osobistego i partnerskiego traktowania. Ciche zwalnianie stoi w sprzeczności z tymi wartościami, tworząc niepewne środowisko pracy, w którym występuje brak wzajemnego zaufania i strach. Pokolenie Z, które niedawno rozpoczęło

aktywność zawodową, oczekuje jasnych przekazów ze strony pracodawcy, konkretnego *feedbacku* i realnych możliwości awansu (Gratton, 2021). Jest to pokolenie, które nie przywiązuje się za wszelką cenę do danej firmy – ich priorytety to stanowisko pracy dostosowane do ich potrzeb i oczekiwań, jasne i konkretne wymagania oraz przejrzysta komunikacja. W obliczu niepewnej przyszłości i braku stabilności łatwo dostrzegają sygnały cichego wypychania, a sytuacje sprzyjające *quiet firing* często prowadzą do szybkiej decyzji o odejściu z organizacji. Duża rotacja kadry w przedsiębiorstwie znacznie pogarsza jego wizerunek na rynku pracy i zniechęca do aplikacji nowych kandydatów.

Młodzi ludzie reprezentujący pokolenie Z pasują idealnie do współczesnego środowiska pracy, które coraz częściej opiera realizację zadań na formule projektowej, w wielu branżach model ten staje się dominujący. Fundamentem realizacji projektów jest zespół, jego członkowie, dla których niezbędne jest jasne określenie zadań, zasad panujących w zespole i otrzymywanie przejrzystych komunikatów, stąd *quiet firing* w tym środowisku ma szczególnie niebezpieczne konsekwencje. Marginalizowanie jednego z członków zespołu może zaburzyć cały ład pracy, obniżyć efektywność i w efekcie spowodować opóźnienia w wykonywaniu poszczególnych zadań (Matern Law Group, b.d.). Atmosfera niepewności wpływa na pracowników demotywująco i może eskalować konflikty wewnętrzne, szczególnie w przypadku projektów o dużej dynamice i presji czasu.

Quiet firing jest praktyką polegającą na subtelnym działaniu, efektem którego jest doprowadzenie do samodzielnego odejścia z pracy danego pracownika. Często zachowanie to występuje w przypadku, gdy pracodawca odczuwa zagrożenie w utrzymaniu swojego stanowiska ze strony podwładnego. Zgodnie z kulturą organizacji pracodawca powinien wspierać osoby, które się dokształcają i podnoszą swoje kwalifikacje, doceniać je i nagradzać, a nie traktować jak zagrożenie. Przełożony, odczuwając zagrożenie ze strony pracownika, lecz nie mając realnych podstaw do zakwestionowania jakości wykonywanych przez niego obowiązków – które często realizowane są bez zarzutu – nie może uzasadnić formalnego zwolnienia, dlatego sięga po praktyki *quiet firingu*. Chcąc osiągnąć swój cel, często odmawia podwyżki, awansu, przydziela mniej znaczące zadania, nie przydziela ich wcale, albo zabiera już przydzielone, ogranicza rozwój zawodowy, izoluje pracownika od zespołu, nie udziela konstruktywnego *feedbacku* (Desperak, 2022). Pracownicy, nie mając wpływu na swoją sytuację zawodową w przedsiębiorstwie, sami odchodzą, czując się w firmie źle i mało komfortowo, a przełożony osiąga swój cel. Pracodawca z racji pełnionej funkcji zawodowej ma absolutne prawo zwolnić pracownika, ale jest zobowiązany przeprowadzić to zgodnie z prawem. Aktem prawnym regulującym stosunek pracy jest Kodeks pracy. Tabela 1 przedstawia sytuacje, w których zwolnienie pracownika będzie w pełni uzasadnione.

Tabela 1. Formy i przyczyny zwolnień pracowniczych zgodnie z Kodeksem pracy

Tryb rozwiązania umowy	Podstawa prawna	Przykład i uzasadnienie
Zwolnienie dyscyplinarne – rozwiązanie stosunku pracy z winy pracownika	Art. 52 KP	– samowolne opuszczenie stanowiska pracy – naruszenie przepisów BHP – odmowa wykonania polecenia służbowego zgodnego z postanowieniami umowy o pracę – nietrzeźwość w pracy – kradzież mienia własności firmy lub innych pracowników
Wypowiedzenie	Art. 30 § 1 pkt 2, Art. 33 i 36 KP	– nieopanowanie przez pracownika wymaganych umiejętności, pomimo zagwarantowanych przez pracodawcę szkoleń – zarejestrowane spóźnienia pomimo wcześniejszych upomnień – przekazywanie przez pracownika poufnych informacji osobom trzecim – reorganizacja firmy i redukcja etatów – pracodawca może wypowiedzieć umowę zgodnie z art. 10 ust. 1 ustawy o zwolnieniach grupowych
Zwolnienie bez winy pracownika	Art. 53 KP	– długotrwała niezdolność do pracy z powodu choroby (jeżeli zachowane są postanowienia KP) – przedłużająca się usprawiedliwiona nieobecność, np. urlop bezpłatny, która dezorganizuje pracę (jeżeli zachowane są postanowienia KP)
Rozwiązanie umowy za porozumieniem stron	Art. 30 § 1 pkt 1 KP	Uzasadnienie nie jest wymagane prawnie
Wypowiedzenie złożone przez pracownika	Art. 30 § 1 pkt 2 KP	Uzasadnienie nie jest wymagane prawnie

Źródło: Kodeks pracy (1974). Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy. Dz. U. 1974, nr 24, poz. 141, z późn. zm.

Zwolnienie dyscyplinarne i wypowiedzenie musi mieć poważne podstawy i uzasadnienie, które pracodawca musi udowodnić. W przypadkach uzasadnionych prawem pracodawca może rozwiązać umowę z pracownikiem, który jest długotrwale nieobecny i dezorganizuje to pracę jednostki (Kodeks pracy, 1974). Rozwiązanie stosunku pracy za porozumieniem stron i wypowiedzenie złożone przez pracownika i za aprobatą pracownika również ma podstawy prawne. Zgodnie z etyką zawodową i kulturą organizacyjną rozwiązywanie umowy o pracę powinno odbywać się bez stosowania praktyk typu *quiet firing*. Pracodawcy, którzy dążą do usunięcia z organizacji pracownika postrzeganego jako problematycznego, stosują zachowania, które w efekcie końcowym doprowadzają do złożenia przez niego wypowiedzenia. Taką praktykę należy postrzegać nie jako jawne wypowiedzenie, lecz jako subtelny sposób zwolnienia „w białych rękawiczkach” – pozornie zgodną z literą prawa, lecz pozbawioną transparentności i etycznych podstaw. Stosowanie praktyki *quiet firing* nie zawsze ma na celu zwolnienie pracownika, może się to również wiązać z degradacją stanowiska. Zarówno zwolnienie, jak i degradacja przy wykorzystaniu tych metod są wielce nieetyczne, niezgodne z zasadami kultury organizacji i zasadami marketingu relacji.

Zarządzanie zespołem ludzi to odpowiedzialne i wymagające zadanie, stawiające przed liderem (przełożonym, pracodawcą) liczne wyzwania natury organizacyjnej i interpersonalnej. Współczesne organizacje coraz częściej realizują swoje zadania w postaci projektów, traktując je jako podstawową jednostkę działań operacyjnych i strategicznych. Zespół projektowy ma bezpośredni wpływ na przebieg realizacji całego przedsięwzięcia, czas jego wykonania i efekt końcowy. Pełni centralną rolę w strukturze przedsięwzięcia (Gregorczyk i in., 2001). Zarządzanie zespołem projektowym musi sprzyjać podniesieniu wydajności pracy, produktywności, rzetelności i koncentrować się na realizacji celów projektu. Kierowanie pracą projektową powinno opierać się na zasadach otwartości, konkretnej komunikacji, wzajemnego zaufania, jasno określonych ról oraz skutecznego zarządzania informacją w zespole (Muszyńska, 2017). Stosowanie praktyk typu *quiet firing* należy uznać za niedopuszczalne z perspektywy etyki zawodowej oraz zasad odpowiedzialnego zarządzania personelem projektowym. Jest niezgodne z zasadami etyki organizacyjnej i nie powinno mieć miejsca w nowoczesnym środowisku pracy. W dojrzałej kulturze organizacyjnej nie ma miejsca na tego typu działania, naruszające zaufanie, transparentność i podstawowe standardy zarządzania ludźmi i wpływające destrukcyjnie na zarządzanie projektami, których celem jest napędzanie rozwoju biznesu i innowacyjności w przedsiębiorstwie. Tabela 2 obrazuje, w jaki sposób motyw *quiet firing* narusza założenia zarządzania projektami.

Tabela 2. Antynomie w zarządzaniu projektami: dobre praktyki kontra dysfunkcje organizacyjne

Założenia efektywnego zarządzania projektami	Destrukcyjne praktyki	Potencjalne skutki dla projektu/zespołu
Poprawa wydajności – zarządzanie projektami pozwala ustrukturyzować podejście do pracy, zdefiniowanie zadań, harmonogramu, przydzielenie pracownikom konkretnych obowiązków pozwala skupić się na przydzielonych zadaniach	Celowe pomijanie pracownika przy przydziale zadań lub przypisywanie mu zadań poniżej kompetencji, albo eliminacja z zespołu projektowego bez uzasadnienia	Spadek motywacji i zaangażowania, poczucie marginalizacji, marnowanie zasobów zespołu, zakłócenie równomiernego obciążenia pracą – może to wywołać konflikty w zespole, a osiągnięcie celu projektowego staje się zagrożone
Lepsza organizacja pracy – dzięki zaplanowaniu pracy mniejsze jest ryzyko pominięcia zadania, gdy każdy pracownik zna swoją rolę i obowiązki – efektywniej pracuje	Celowe nieinformowanie pracownika o zmianie przydzielonych zadań, o zmianie w harmonogramie projektu, pomijanie go w komunikacji projektowej	Pomijany pracownik czuje się wykluczony, niepewny, gdyż działania podejmowane przez lidera nie są wyjaśniane, tłumaczone, zadania są nieodpasowane do kwalifikacji i kompetencji, przez co obniża się jakość realizacji projektu
Sprawna komunikacja – fundament zarządzania projektami jest otwarta i regularna komunikacja pomiędzy członkami zespołu i interesariuszami, zapobiega nieporozumieniom i usprawnia współpracę	Ignorowanie pracownika, pomijanie go w pracy zespołowej, nieodpowiadanie na jego pytania, nieuwzględnianie go w spotkaniach zespołu	Narastanie nieporozumień w zespole, pojawia się frustracja, zaburza się współpraca zespołowa
Minimalizacja zagrożeń – zarządzanie projektami umożliwia wykrywanie zagrożeń na wczesnym etapie realizacji projektu	Brak zaangażowania pracownika, który jest przez lidera pomijany, uniemożliwia mu identyfikację ryzyka, nie ma on motywacji do oceniania sytuacji projektowej	Niewykrycie potencjalnych problemów opóźnia albo nawet pomija reakcję na kryzys, zwiększa się ryzyko niepowodzenia projektu, rosną koszty niepowodzeń

Założenia efektywnego zarządzania projektami	Destrukcyjne praktyki	Potencjalne skutki dla projektu/zespołu
Mierzalne wyniki – jasne cele i wskaźniki pozwalają łatwo śledzić postępy, mierzyć sukcesy projektu	Brak jasnych oczekiwań wobec pracownika, celowe pomijanie go w systemie oceny rezultatów lub nieinformowanie o kryteriach oceny	Trudności w samoocenie i dostosowaniu działań, obniżenie motywacji, brak poczucia wpływu na projekt, niesprawiedliwa ocena pracy
Satysfakcja klientów – zarządzanie projektami wpływa na terminowe realizowanie projektu, co przekłada się na zadowolenie interesariuszy i odbiorców końcowych	Marginalizowanie kompetentnych pracowników, ograniczanie ich udziału w kluczowych etapach realizacji, co prowadzi do dezorganizacji pracy, skutkiem czego projekt nie jest zrealizowany na czas	Opóźnienia w realizacji zadań, obniżenie jakości produktu/usługi, spadek zadowolenia klienta, ryzyko utraty zaufania i reputacji zespołu/projektu

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Muszyńska (2017), Gregorczyk i in. (2001).

W zarządzaniu projektami największy nacisk kładzie się na efektywność działań, transparentność komunikacji i motywację pracowników do zaangażowania w wykonywanie przydzielonych zadań projektowych. Są to filary skuteczności przedsięwzięcia i realizacji celów projektu przy określonym budżecie i w określonym czasie. Niestety, nawet najlepiej zaprojektowane procesy projektowe mogą zostać osłabione przez nieformalne, destrukcyjne praktyki organizacyjne (Lencioni, 2002). Jedną z nich jest *quiet firing* – marginalizujący pracowników w sposób nieoficjalny, bez wyraźnie sformułowanej wiadomości. Pomijany w działaniach pracownik w efekcie końcowym ma złożyć wypowiedzenie i odejść z pracy. Tabela 2 zawiera zestawienie kluczowych założeń zarządzania projektami oraz odpowiadających im praktyk *quiet firing*, które podważają skuteczność spójności działań projektowych. Pozwala to ukazać, jak niewłaściwe praktyki personalne, często oparte na subiektywnych odczuciach, mogą w sposób pośredni wpłynąć na osłabienie efektywności projektów. Destrukcyjne praktyki *quiet firing* pozostają w bezpośredniej sprzeczności z fundamentalnymi zasadami zarządzania projektami (Muszyńska, 2017). Celowe pomijanie pracownika w komunikacji poprzez nieprzydzielanie mu zadań lub ograniczanie jego odpowiedzialności w zespole prowadzi do dezorganizacji pracy, spadku zaangażowania oraz frustracji w zespole. Brak transparentnej informacji zwrotnej od przełożonego prowadzi do narastania frustracji i poczucia zagubienia u pracownika, co skutkuje spadkiem zaangażowania i efektywności w pracy. Członkowie zespołu, obserwując sytuację pomijanego pracownika, również tracą poczucie bezpieczeństwa. To przekłada się na opóźnienia w realizacji projektu, obniża jakość rezultatów, a w efekcie końcowym znacząco wpływa na

spadek satysfakcji interesariuszy projektu. W zarządzaniu projektami formalne narzędzia, etyka pracy, transparentność i kultura wzajemnego szacunku są podstawą gwarancji osiągnięcia sukcesu. Mechanizmy wpisujące się w praktykę *quiet firingu* zagrażają powodzeniu projektu, osłabiając zarówno jego spójność, jak i skuteczność realizacyjnych założeń (Desperak, 2022).

Zespoły pracownicze funkcjonują nie tylko w ramach pracy projektowej. Stanowią podstawową formę organizacji pracy w wielu innych obszarach działalności przedsiębiorstwa. Relacje interpersonalne, poziom wzajemnego zaufania i ogólna atmosfera stanowią kluczowe determinanty efektywnego funkcjonowania grupy pracowniczej (Kerzner, 2017). Klimat pracy oparty na wzajemnym szacunku, otwartości komunikacyjnej, szczerości ma swoje odzwierciedlenie w poczuciu bezpieczeństwa, co sprzyja nie tylko lepszej współpracy, ale również wyższej efektywności zespołu. Zaufanie jest spoiwem, zwiększa gotowość do dzielenia się wiedzą i wzmacnia zaangażowanie jednostek w realizację przydzielonych zadań. Dobre relacje, oparte na szczerości i otwartości, wspomagają rozwiązywanie konfliktów i sprzyjają utrzymaniu pozytywnej atmosfery. Pracownicy, którzy otrzymują jasny, przejrzysty komunikat od przełożonego na temat swoich zadań, lepiej rozumieją oczekiwania organizacji, efektywniej realizują powierzone obowiązki, cechuje ich większe poczucie bezpieczeństwa i zaangażowania w pracę. Troska przełożonego o jakość relacji i kulturę współpracy powinna być integralnym elementem strategii zarządzania zespołem, niezależnie od jego formalnej struktury. Niestety, ciche zwalnianie stosowane przez przełożonych wywiera destrukcyjny wpływ nie tylko na pracownika, wobec którego kierowane są te działania, ale również na pozostałych członków zespołu, którzy zaczynają postrzegać organizację jako nieprzewidywalną, niesprawiedliwą i toksyczną (Scott, 2017). Zespół traci przez to spójność, poczucie wspólnego celu i bezpieczeństwa, co obniża efektywność projektową i operacyjną. Zachowania sprzyjające założeniom *quiet firing* należy jednoznacznie uznać za nieetyczne i sprzeczne z nowoczesnym podejściem do zarządzania zespołem, zwłaszcza w kontekście pracy projektowej, w której współpraca i zaangażowanie członków zespołu są kluczowe. W organizacji, gdzie relacje oparte są na zaufaniu i dobrej komunikacji, pracownik postrzega siebie jako pełnoprawnego członka zespołu, jest zmotywowany do pracy, zaangażowany w wykonywanie zadań zawodowych i otwarty na współpracę i podejmowanie inicjatyw. Ma poczucie sensu swojej pracy i realnego wpływu na efekty projektu. Natomiast pracownik doświadczający *quiet firingu* stopniowo traci kontakt z zespołem i przełożonym, zadania wykonuje mechanicznie, bez zaangażowania, nie przywiązuje wagi do efektu końcowego (HearMe, b.d.). Narasta w nim frustracja, a jego potencjał zawodowy pozostaje niewykorzystany, co niekorzystnie odbija się na nim i na funkcjonowaniu całej organizacji. Tabela 3 porównuje dwa modele pracowników, w środowisku wspierającym oraz takim, w którym pracodawca praktykuje *quiet firing*.

Tabela 3. Model pracownika w środowisku wspierającym vs w środowisku z *quiet firingiem*

Obszar funkcjonowania	Model pracownika w firmie z dobrą atmosferą i zdrowymi relacjami	Model pracownika w firmie, gdzie występuje <i>quiet firing</i>
Motywacja wewnętrzna	Wysoka – czuje się potrzebny i doceniany	Niska – czuje się ignorowany, jego wkład nie jest dostrzegany
Poczucie przynależności	Silne, utożsamia się z zespołem i celami organizacji	Słabe, wycofuje się z relacji, izoluje
Zaangażowanie w pracę	Angażuje się aktywnie w realizację zadań i podejmuje inicjatywę	Realizuje tylko minimum, często pasywny
Komunikacja z przełożonym	Otwarta, oparta na wzajemnym szacunku i <i>feedbacku</i>	Ograniczona, jednostronna lub wręcz nieobecna
Zachowania zespołowe	Współpracuje, dzieli się wiedzą, wspiera innych	Traci zaufanie do zespołu, unika współpracy
Rozwój zawodowy	Korzysta z szans rozwojowych, chętnie się uczy	Jest pomijany w awansach i szkoleniach, nie widzi perspektyw
Stan psychiczny/emocje	Czuje się stabilnie, bezpiecznie i pewnie	Odczuwa niepokój, frustrację, zniechęcenie
Postrzeganie organizacji	Postrzega firmę jako miejsce sprzyjające pracy i rozwojowi	Traktuje firmę jako środowisko wrogie lub nieprzyjazne

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Scott (2017), HearMe (b.d.), Projekt Gamma (b.d.).

Środowisko pracy ma bezpośredni wpływ na postawy, zaangażowanie i efektywność pracownika, co również przekłada się na jego sferę prywatną. W modelu pozytywnym pracownik czuje się częścią zespołu i organizacji, efektem tego jest wyższy poziom motywacji i odpowiedzialności za realizowane cele. Aktywnie uczestniczy w życiu całej organizacji, współpracuje z innymi i chętnie dzieli się wiedzą, zgłasza inicjatywy (Projekt Gamma, b.d.). Dzięki szybkiej wymianie informacji problemy rozwiązywane są na bieżąco, a zadania wykonywane terminowo. W środowisku, w którym dominuje brak

przejrzystości i marginalizacja pracownika, więzi zespołowe są osłabione, następuje zahamowanie inicjatyw, zaangażowanie pracowników jest niskie, a odpowiedzialność rozproszona. Projekty są realizowane z opóźnieniem, a ich jakość spada. Realizowany projekt traci spójność, dynamikę i może zakończyć się niepowodzeniem lub znaczącym odchyleniem od pierwotnych założeń. Model funkcjonowania pracownika w przedsiębiorstwie należy uznać za jeden z kluczowych czynników wpływających na funkcjonowanie organizacji. Skuteczne zarządzanie zespołem sprzyja dobrostanowi pracownika i stanowi fundament powodzenia przedsięwzięć projektowych (Kerzner, 2017).

Niestety, nierzadko pracodawca poprzez stosowanie praktyk *quiet firingu* realizuje swoje prywatne, subiektywne cele, często łącząc je z nepotyzmem. Przełożony, który poprzez praktyki nepotyzmu faworyzuje wybranych pracowników, jednocześnie stosując wobec innych działania charakterystyczne dla *quiet firingu*, dąży do ich rezygnacji z pracy w sposób subtelny i trudny do udowodnienia. Celem takiego działania jest usunięcie pracownika postrzeganego negatywnie i zastąpienie go osobą uprzywilejowaną, często powiązaną prywatnie z przełożonym (Płoskonka, 2022). Osoba faworyzowana (np. członek rodziny, znajomy) otrzymuje coraz większe wsparcie, przydzielane mu są odpowiedzialne zadania, jednocześnie po cichu jest wypychany inny pracownik. W efekcie końcowym następuje rozwiązanie umowy o pracę z wykluczonym pracownikiem, który składa wypowiedzenie, co nie wywołuje ryzyka prawnego i odpowiedzialności pracodawcy. Jednoczesne połączenie tych dwóch zjawisk może prowadzić do poważnych zakłóceń w kulturze organizacji, takich jak: spadek zaufania wśród członków zespołu, wzrostu rotacji pracowników, obniżenie zaangażowania, naruszenie zasad równego traktowania (HearMe, b.d). Takie zachowanie wywrze szczególne piętno, jeśli usuwany pracownik zajmuje stanowisko kierownicze i jest przełożonym zespołu, który funkcjonuje pod jego kierownictwem bez zastrzeżeń, a pracownicy czują się szanowani i darzą się wzajemnym zaufaniem. Negatywny skutek tej sytuacji odczuje nie tylko zdegradowany pracownik, ale cały zespół (Płoskonka, 2022). Z tego względu *quiet firing* realizowany z motywacji nepotycznych należy traktować jako świadome nadużycie władzy zarządczej, które wymaga przeciwdziałania zarówno na poziomie regulaminów wewnętrznych, jak i praktyki etycznej w zarządzaniu.

Dobre, świadome zarządzanie nie może ograniczać się jedynie do rozliczania pracowników z realizacji zadań. Odpowiedzialny przełożony powinien również wykazać się zainteresowaniem i troską o dobro pracowników. Podstawą zarządzania zespołem jest obecność szefa i bieżąca dostępność dla pracowników. Pracodawca, który wykazuje niewymuszone zainteresowanie ich sprawami, jest przez nich traktowany jak członek zespołu, przez co wzbudza

ich zaufanie. Jest postrzegany na równi z nimi, a nie jako audytor, którego głównym celem jest sprawdzanie efektów pracy. Kolejną wielce istotną cechą zorientowanego na ludzi przełożonego jest docenianie wysiłków i zauważanie starań. Pochwały z ust pracodawcy za wykonane zadanie są niezwykle ważne w budowaniu pozytywnych relacji (Scott, 2017). Premia finansowa, która jest ważnym elementem systemu motywacyjnego, wzmacniającym zaangażowanie i efektywność pracowników, jest często wypychana przez elementy społecznego wymiaru relacji w postaci zwyczajnego podziękowania, czy pogratulowania za wykonaną pracę. Docenianie pracownika na forum podnosi jego samoocenę i wzmacnia zaangażowanie w pracę, za wyjątkiem sytuacji, w której przy użyciu narzędzi nepotyzmu doceniany jest cały czas ten sam pracownik, a osoba wykluczana jest pomijana. Istotnym komponentem w budowaniu pozytywnej atmosfery w pracy jest udoskonalany proces komunikacji. Przełożony powinien przeprowadzać systematyczne rozmowy z zatrudnionymi, zarówno na temat ich pracy, jak i samopoczucia w zespole. Podstawą relacji pracodawcy z pracownikami powinna być zasada sprawiedliwości i równego traktowania (Płoskonka, 2022; Scott, 2017). Zasadne jest, aby reguły, którymi rządzi się organizacja, były jasne, kryteria awansu klarowne, adekwatne do wykonywanych zadań, posiadanych kwalifikacji i zaangażowania w pracę. Wymaga się, aby lider organizacji odznaczał się autentyczną empatyczną postawą oraz otwartością w relacjach z pracownikami.

Relacje w przedsiębiorstwie, panująca w nim atmosfera, co za tym idzie efektywność wykonywanych zadań są silnie zależne od stylu zarządzania przełożonego. Słynny amerykański psycholog Daniel Goleman, twórca pojęcia *inteligencja emocjonalna*, opracował sześć stylów zarządzania. Tabela 4 porównuje każdy z nich w kontekście *quiet firing* oraz marketingu relacji.

Tabela 4. Porównanie stylów zarządzania Golemana w kontekście *quiet firingu* i marketingu relacji

Styl zarządzania	<i>Quiet firing</i>	Marketing relacji
Styl autorytarny	– tworzyć środowisko sprzyjające cichym formom marginalizacji pracowników – brak mechanizmów <i>feedbacku</i> – izolacja, pomijanie wybranego pracownika – pracownik jest wycofany, pracuje w poczuciu strachu	– niski poziom zaufania – jednostronna komunikacja – jednoosobowa decyzyjność – ograniczona lojalność – brak zaangażowania pracowników
Styl wizjonerski	– jasne komunikowanie celów i wartości organizacji – potencjał pracowników jest aktywizowany – budowanie zaangażowania – partnerska komunikacja	– długofalowe budowanie więzi – zaufanie – autentyczne zaangażowanie – lojalność – utożsamianie się z marką – budowanie długofalowych relacji
Styl afiliacyjny	– tworzenie harmonii w zespole – empatia – troska o pracownika	– zaufanie – emocjonalna bliskość – wspieranie relacji – autentyczność
Styl demokratyczny	– jawność działań – przejrzystość roli i zadań – wzmacnianie poczucia przynależności	– budowanie zaufania – długofalowa współpraca – lojalność
Styl normatywny	– jawność – przejrzystość – uczciwość	– budowanie długofalowego zaufania – zaufanie – spójność – wiarygodność
Styl trenerski	– współpraca oparta na dialogu – jasne komunikaty – aktywnie włącza pracownika w proces uczenia się i planowania przyszłości w organizacji	– uważność na potrzeby drugiego człowieka – autentyczne zaangażowanie i długoterminowe podejście do budowania więzi

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Goleman (2000).

Porównując style zarządzania zawarte w tabeli 4, można stwierdzić, że styl autorytarny tworzy warunki pracy sprzyjające ukryciu marginalizacji pracowników. Brak dialogu, nadmierna presja oraz silna hierarchia władzy sprzyjają występowaniu cichych form wypychania, bez formalnego zwolnienia. Pozostałe style opierają się na zaufaniu, indywidualnym podejściu do pracownika, długofalowych relacjach i wspólnych wartościach.

Styl zarządzania ma bezpośredni wpływ na klimat organizacyjny, postrzeganie sprawiedliwości oraz sposób traktowania pracowników. *Quiet firing* najczęściej pojawia się w środowiskach, w których brakuje dialogu, przejrzystości i odwagi do jawnych decyzji kadrowych. Pracodawca, nie dysponując konkretnymi zarzutami wobec pracownika, a jedynie kierując się osobistymi uprzedzeniami lub subiektywnym odczuciem niedopasowania, wykorzystuje strategię *quiet firing*, zrzucając tym samym odpowiedzialność za rozwiązanie stosunku pracy na niego (Wudarzewski, 2007). Dla organizacji zorientowanych na nowoczesne podejście do zarządzania projektami i relacje z interesariuszami, styl trenerski, demokratyczny i normatywny są najbardziej pożądane. Cechują się one wysokim poziomem zaangażowania pracowników, promowaniem współodpowiedzialności za podejmowane decyzje, a także wspieraniem rozwoju kompetencji indywidualnych i zespołowych (Goleman, 2000; Kerzner, 2017). Takie podejście sprzyja nie tylko efektywnej realizacji projektów, ale również budowaniu kultury organizacyjnej opartej na zaufaniu, dialogu i wspólnych wartościach.

Zjawisko *quiet firing*, jako forma pośredniego i nieformalnego wypychania pracowników z organizacji, stanowi wyzwanie dla współczesnych standardów zarządzania zasobami ludzkimi. W warunkach kultury organizacyjnej opartej na otwartości, transparentności i inkluzywności, stosowanie praktyk ukrytej presji prowadzących do dobrowolnego odejścia pracownika może nie tylko podważać zaufanie wewnątrz przedsiębiorstwa, lecz wpływać negatywnie na wizerunek firmy (OpenUp, b.d.; HearMe, b.d.). W świetle rosnącego znaczenia idei zrównoważonego przywództwa, zjawisko *quiet firing* postrzegane jest jako praktyka nieetyczna, niezgodna z wartościami kultury organizacyjnej oraz standardami moralnymi, które powinny wyznaczać ramy działania nowoczesnego i odpowiedzialnego lidera.

Bibliografia

- Gitling, M. (2018), Znaczenie zaufania w zarządzaniu. *Społeczeństwo i Edukacja. Międzynarodowe Studia Humanistyczne*, 2(29): 119–130.
- Goleman, D. (2000). *Leadership That Gets Results*. Harvard Business Review.
- Gregorczyk, S., Gruzca, B., Ogonek, K., & Wachowiak, P. (2001). *Kierowanie zespołem projektowym*. Wydawnictwo Difin.
- Gratton, L. (2021). *Redesigning Work: How to Transform Your Organisation and Make Hybrid Work for Everyone*. Penguin Business.
- Jakimiuk, B. (2015). Relacje interpersonalne w miejscu pracy i ich znaczenie dla funkcjonowania zawodowego. W: B. Pietrulewicz, M.A. Paszkowicz (red.), *Wybrane zagadnienia aktywności zawodowej człowieka na rynku pracy* (s. 55–63). Wydawnictwo Naukowe Polskiego Towarzystwa Profesjologicznego.
- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. John Wiley & Sons.
- Lencioni, P. (2002). *The Five Dysfunctions of a Team: A Leadership Fable*. Jossey-Bass.
- Muszyńska, K. (2017). Wzorce zarządzania komunikacją w projekcie. *Przegląd Organizacji*, 4: 34–41.
- Płoskonka, J. (2022). *Toksyczni szefowie. Jak przeciwdziałać mobbingowi, manipulacji i nepotyzmowi w pracy*. Onepress.
- Scott, K. (2017). *Radical Candor: Be a Kick-Ass Boss Without Losing Your Humanity*. St. Martin's Press.
- Sikorski, C., & Sułkowski, Ł. (2014). *Metody zarządzania kulturą organizacyjną*. Wydawnictwo Difin.
- Wudarczyński, G. (2007). Klimat organizacyjny w świetle funkcji zarządzania. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu*, 9(9): 225–234.

Netografia

- Desperak, M. (2022). Jedni cicho odchodzą, a drudzy po cichu zwalniają. Co to jest *quiet firing* i czy właśnie padasz jego ofiarą?, RocketJobs.pl. <https://rocketjobs.pl/blog/jedni-cicho-odchodza-a-drudzy-po-cichu-zwalniaja-co-to-jest-quiet-firing-i-czy-wlasnie-padasz-jego-ofiara> [dostęp: 30.03.2025].
- HearMe (b.d.) Czym jest quiet firing? 5 przykładów działań. <https://hear.me.pl/czym-jest-quiet-firing-5-przykladow-dzialan/> [dostęp: 30.03.2025].
- Matern Law Group (b.d.). What Is Quiet Firing and Is It Legal?, Matern Law Group. <https://www.maternlawgroup.com/blog/what-is-quiet-firing-and-is-it-legal-2/> [dostęp: 30.03.2025].
- OpenUp.com (2022). Quiet Firing: When You're Pushed Out Of The Workplace. <https://openup.com/blog/quiet-firing/> [dostęp: 30.03.2025].

- Partyka, M. (2023). Quiet firing – na czym polega to zjawisko? <https://betterworkplace.pl/blog/quiet-firing-na-czym-polega-to-zjawisko/> [dostęp: 30.03.2025].
- Kodeks pracy (1974). Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy. Dz. U. 1974, nr 24, poz. 141, z późn. zm. <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=w-du19740240141> [dostęp: 30.03.2025].

ISO/EIC 27001 w akcji. Jak zamienić standardy bezpieczeństwa w przewagę biznesową

Streszczenie

Artykuł podejmuje analizę korzyści wynikających z implementacji standardu ISO 27001 w strukturach organizacyjnych. Podkreślono, że certyfikacja nie tylko wspiera ochronę danych, lecz także stanowi kluczowy element strategiczny, umożliwiający budowanie przewagi konkurencyjnej w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu rynkowym. Szczególną uwagę poświęcono takim aspektom, jak: zaufanie interesariuszy, efektywność operacyjna oraz minimalizacja ryzyk związanych z zarządzaniem bezpieczeństwem informacji. Publikacja ma na celu podkreślenie znaczenia strategicznego podejścia do ochrony danych w kontekście współczesnych wyzwań technologicznych i biznesowych.

Słowa kluczowe: ISO 27001, zarządzanie bezpieczeństwem informacji, certyfikacja, zarządzanie ryzykiem, przewaga konkurencyjna

¹ Studenci Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej

Współczesna gospodarka, oparta na technologii cyfrowej, wymaga od organizacji szczególnej uwagi wobec kwestii związanych z bezpieczeństwem informacji. Wzrost liczby incydentów cybernetycznych oraz coraz bardziej rygorystyczne regulacje prawne stawiają przed przedsiębiorstwami wyzwania, którym można skutecznie sprostać poprzez wdrożenie normy ISO 27001. Ten międzynarodowy standard zarządzania bezpieczeństwem informacji oferuje kompleksowe ramy umożliwiające identyfikację, ocenę i minimalizację ryzyk związanych z ochroną danych. Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie korzyści płynących z wdrożenia normy ISO 27001, z uwzględnieniem jej wpływu na zwiększenie zaufania interesariuszy, poprawę efektywności operacyjnej oraz minimalizację ryzyka reputacyjnego i finansowego.

Certyfikacja zgodna z normą ISO 27001 stanowi jedno z najważniejszych osiągnięć dla organizacji, które chcą potwierdzić swoje zaangażowanie w zarządzanie bezpieczeństwem informacji. Norma ta, opracowana przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną (ISO), jest uznawana na całym świecie za złoty standard w dziedzinie ochrony danych. Certyfikat ISO 27001 jest potwierdzeniem, że organizacja spełnia najwyższe standardy w zakresie zarządzania bezpieczeństwem informacji, co przekłada się na zaufanie klientów, partnerów biznesowych oraz innych interesariuszy. W świecie, w którym cyberzagrożenia są coraz bardziej zaawansowane, a wycieki danych mogą mieć katastrofalne skutki, posiadanie certyfikatu ISO 27001 jest nie tylko zaletą konkurencyjną, ale często koniecznością. Certyfikacja ISO 27001 jest potwierdzeniem, że organizacja wdrożyła kompleksowy system zarządzania bezpieczeństwem informacji (SZBI) zgodny z międzynarodowymi standardami. Dla klientów i partnerów biznesowych jest to sygnał, że organizacja traktuje bezpieczeństwo danych poważnie i jest w stanie skutecznie chronić poufne informacje. W wielu branżach, takich jak finanse, opieka zdrowotna czy technologia, certyfikat ISO 27001 jest wymagany do uczestnictwa w przetargach lub współpracy z międzynarodowymi korporacjami. W przypadku firm działających na rynkach o wysokim poziomie regulacji, takich jak Unia Europejska, certyfikacja ta jest często warunkiem *sine qua non* prowadzenia działalności.

W dobie rosnącej liczby cyberataków i wycieków danych ochrona informacji stała się kluczowym elementem strategii biznesowej. Wycieki danych mogą prowadzić do poważnych konsekwencji, w tym utraty zaufania klientów, kar finansowych oraz strat wizerunkowych. Według raportu firmy IBM z 2023 roku, średni koszt naruszenia danych w Europie wynosi ponad 3,8 mln EUR. Norma ISO 27001 pomaga organizacjom w budowaniu skutecznych mechanizmów ochrony danych, redukując ryzyko wystąpienia incydentów bezpieczeństwa. Dzięki wdrożeniu normy, organizacje mogą lepiej identyfikować, oceniać i zarządzać ryzykami związanymi z bezpieczeństwem informacji, co przekłada się na zwiększenie ich odporności na cyberzagrożenia.

Wdrożenie normy ISO 27001 wymaga systematycznego podejścia do zarządzania informacjami, co przyczynia się do usprawnienia procesów operacyjnych w organizacji. Proces ten obejmuje identyfikację zbędnych procedur, optymalizację wykorzystania zasobów oraz wprowadzenie bardziej efektywnych metod zarządzania. Dzięki temu organizacje nie tylko zwiększają swoje bezpieczeństwo, ale również poprawiają wydajność i efektywność funkcjonowania. Wdrożenie normy ISO 27001 może również prowadzić do lepszego zrozumienia przez pracowników znaczenia bezpieczeństwa informacji, co przekłada się na bardziej świadome i odpowiedzialne zachowania w codziennej pracy. Wiele organizacji musi spełniać surowe wymagania prawne dotyczące ochrony danych, takie jak te zawarte w Ogólnym Rozporządzeniu o Ochronie Danych (RODO) w Unii Europejskiej. Nieprzestrzeganie tych regulacji może skutkować znaczącymi karami finansowymi, mogącymi sięgać nawet 20 mln EUR lub 4% globalnego rocznego obrotu firmy. Wdrożenie normy ISO 27001 pozwala organizacjom lepiej dostosować się do wymagań prawnych, minimalizując ryzyko sankcji. Norma ta zapewnia ramy dla zarządzania ryzykiem związanym z ochroną danych, co ułatwia organizacjom spełnienie wymogów prawnych i uniknięcie wysokich kar.

Proces wdrażania normy ISO 27001 obejmuje kilka kluczowych etapów, które muszą być starannie zaplanowane i wdrożone. Pierwszym krokiem jest przeprowadzenie audytu wewnętrznego, który pozwala na zidentyfikowanie obszarów, w których istniejące procedury bezpieczeństwa nie spełniają wymagań normy. Następnie organizacja musi opracować polityki i procedury zarządzania bezpieczeństwem informacji, które będą zgodne z wymaganiami ISO 27001. Kolejnym ważnym etapem jest przeprowadzenie szkoleń dla pracowników, aby zapewnić, że wszyscy rozumieją i stosują nowo wdrożone zasady. Przed przystąpieniem do audytu certyfikacyjnego organizacja powinna również przeprowadzić ponowne audyty wewnętrzne, aby upewnić się, że wszystkie wymagania normy są spełnione. Audyt certyfikacyjny jest kluczowym etapem procesu wdrażania ISO 27001. Przeprowadzany jest przez niezależną jednostkę certyfikującą, która ocenia, czy system zarządzania bezpieczeństwem informacji organizacji spełnia wymagania normy. Po pomyślnym przejściu audytu, organizacja otrzymuje certyfikat ISO 27001, który jest ważny przez trzy lata. W tym okresie organizacja musi regularnie przeprowadzać audyty wewnętrzne oraz przeglądy zarządzania, aby zapewnić ciągłe doskonalenie systemu. Co roku organizacja jest również poddawana audytom nadzoru, które mają na celu potwierdzenie, że system nadal spełnia wymagania normy.

Wdrożenie normy ISO 27001 to strategiczny krok w kierunku zwiększenia odporności organizacji na zagrożenia cybernetyczne. Certyfikacja nie tylko pozwala na ochronę danych, ale również buduje zaufanie interesariuszy oraz otwiera nowe możliwości biznesowe. Organizacje decydujące się na implementację

normy inwestują w swoją przyszłość, minimalizując ryzyka operacyjne i finansowe oraz zwiększając swoją konkurencyjność na rynku. W dobie cyfrowej transformacji, gdzie dane są jednym z najcenniejszych aktywów, certyfikacja ISO 27001 staje się niezbędnym elementem strategii biznesowej. Certyfikacja zgodna z normą ISO 27001 to nie tylko potwierdzenie, że organizacja spełnia najwyższe standardy w zakresie zarządzania bezpieczeństwem informacji, ale również inwestycja w jej przyszłość. Dzięki wdrożeniu normy organizacje mogą lepiej chronić swoje dane, zwiększać zaufanie klientów i partnerów oraz spełniać wymagania prawne. Proces wdrażania ISO 27001 wymaga zaangażowania i systematycznego podejścia, ale korzyści, jakie przynosi, są warte wysiłku. W świecie, w którym cyberzagrożenia są coraz powszechniejsze, certyfikacja ISO 27001 staje się kluczowym elementem strategii biznesowej, pozwalającym na ułożenie procesów, których wdrożenie mityguje ryzyko naruszeń. Wdrożenie normy ISO 27001 ma również znaczący wpływ na kulturę organizacyjną. Poprzez wprowadzenie jasnych zasad i procedur dotyczących bezpieczeństwa informacji, organizacja może stworzyć środowisko, w którym pracownicy są bardziej świadomi zagrożeń i odpowiedzialni za ochronę danych. Szkolenia i regularne audyty wewnętrzne przyczyniają się do zwiększenia świadomości pracowników, a to przekłada się na lepsze praktyki w codziennej pracy. W rezultacie kultura bezpieczeństwa staje się integralną częścią organizacji, co nie tylko zmniejsza ryzyko incydentów, ale również zwiększa ogólną efektywność i morale pracowników.

Jednym z kluczowych elementów normy ISO 27001 jest zarządzanie ryzykiem. Organizacje są zobowiązane do identyfikowania, oceniania i zarządzania ryzykami związanymi z bezpieczeństwem informacji. Proces ten obejmuje regularne przeglądy i aktualizacje oceny ryzyka, aby zapewnić, że organizacja jest przygotowana na nowe i zmieniające się zagrożenia. Dzięki temu ISO 27001 nie tylko pomaga w ochronie danych, ale również wspiera organizacje w budowaniu elastyczności i zdolności do szybkiego reagowania na nieprzewidziane sytuacje.

Wdrożenie normy ISO 27001 może również stymulować innowacje technologiczne w organizacji. Wymagania normy zachęcają do stosowania nowoczesnych rozwiązań technologicznych, które mogą poprawić bezpieczeństwo danych. Na przykład organizacje mogą wdrażać zaawansowane systemy szyfrowania, rozwiązania do monitorowania sieci oraz narzędzia do zarządzania tożsamością i dostępem. Te innowacje nie tylko zwiększają bezpieczeństwo, ale również mogą prowadzić do poprawy efektywności operacyjnej i konkurencyjności na rynku.

Certyfikacja ISO 27001 może również znacząco poprawić relacje z klientami i partnerami biznesowymi. Wiele firm, zwłaszcza tych działających w branżach o wysokim poziomie regulacji, wymaga od swoich dostawców i partnerów posiadania certyfikatu ISO 27001. Posiadanie tego certyfikatu może więc otworzyć nowe możliwości biznesowe i umożliwić udział w większej liczbie przetargów. Ponadto

certyfikacja może zwiększyć zaufanie klientów, którzy są coraz bardziej świadomi znaczenia ochrony danych.

Mimo oczywistych korzyści wdrożenie normy ISO 27001 może wiązać się z pewnymi wyzwaniami. Jednym z największych jest zapewnienie zaangażowania i wsparcia ze strony kierownictwa. Bez zaangażowania na najwyższym szczeblu proces wdrażania może napotkać opór ze strony pracowników i trudności w uzyskaniu niezbędnych zasobów. Kolejnym wyzwaniem jest utrzymanie ciągłego doskonalenia systemu zarządzania bezpieczeństwem informacji. Organizacje muszą regularnie aktualizować swoje polityki i procedury, aby nadążać za zmieniającymi się zagrożeniami i wymaganiami prawnymi.

W czasie, gdy cyberzagrożenia stają się coraz bardziej zaawansowane, znaczenie normy ISO 27001 będzie prawdopodobnie rosnąć. Organizacje będą musiały nie tylko wdrażać, ale również ciągle doskonalić swoje systemy zarządzania bezpieczeństwem informacji, aby nadążyć za nowymi wyzwaniami. W przyszłości możemy spodziewać się większej integracji normy ISO 27001 z innymi standardami i regulacjami, co jeszcze bardziej zwiększy jej znaczenie w globalnym krajobrazie bezpieczeństwa informacji. Certyfikacja zgodna z normą ISO 27001 to nie tylko potwierdzenie, że organizacja spełnia najwyższe standardy w zakresie zarządzania bezpieczeństwem informacji, ale również inwestycja w jej przyszłość. Dzięki wdrożeniu normy organizacje mogą lepiej chronić swoje dane, zwiększać zaufanie klientów i partnerów oraz spełniać wymagania prawne. Proces wdrażania ISO 27001 wymaga zaangażowania i systematycznego podejścia, ale korzyści, jakie przynosi, są warte wysiłku. W dzisiejszym świecie, gdzie cyberzagrożenia są coraz powszechniejsze, certyfikacja ISO 27001 staje się kluczowym elementem strategii biznesowej, który pozwala organizacjom na skuteczną ochronę ich najcenniejszych aktywów – danych.

Bibliografia

- British Standards Institution (BSI). (2023). ISO 27001 Certification: A Guide to Information Security Management.
- Deloitte. (2023). The Business Value of ISO 27001 Certification.
- European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). (2023). Threat Landscape Report 2023.
- Forrester Research. (2023). The Role of ISO 27001 in Building Cyber Resilience.
- General Data Protection Regulation (GDPR). (2016). Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council.
- IBM Security. (2023). Cost of a Data Breach Report 2023.
- International Organization for Standardization (ISO). (2023). ISO/IEC 27001:2023 Information technology – Security techniques – Information security management systems – Requirements.

ISACA. (2023). Implementing an Information Security Management System Based on ISO 27001.

KPMG. (2023). ISO 27001: A Strategic Approach to Information Security.

PwC. (2023). Cybersecurity and Privacy Insights: The Importance of ISO 27001 Certification.

Badanie wpływu użytkowania pojazdów elektrycznych na żywotność baterii

Streszczenie

W artykule podjęto temat dotyczący baterii, które znajdują się w pojazdach elektrycznych, a dokładniej skupiono się na ich żywotności. Tekst zawiera także informację o BMS (ang. *Battery Management System*), czyli systemie zarządzania baterią, który jest jednym z jej kluczowych elementów. W celu sprawdzenia, jak użytkownicy pojazdów elektrycznych dbają o żywotność baterii, została przeprowadzona ankieta. Respondenci byli pytani między innymi o to, w jakim przedziale (od i do) ładują swoje pojazdy, gdzie zazwyczaj parkują oraz jaki prąd wybierają do naładowania baterii. W artykule zawarto również wnioski z wyników ankiety, które wskazują, jak wiele różnych czynników wpływa na żywotność baterii w pojazdach elektrycznych.

Słowa kluczowe: pojazdy elektryczne, żywotność, *Battery Management System*, technologia, nowoczesne źródła energii

1 Student Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej

Wstęp

Jedną z najważniejszych rzeczy, dzięki której ludność rozwiniętych i nieprzerwanie rozwijających się społeczeństw od XX wieku mogła zwiększać mobilność, a także odbywać podróż znacznie wygodniej, jest samochód. Rozpowszechnienie motoryzacji miało wiele konsekwencji społecznych, ekonomicznych oraz środowiskowych. Dzięki analizie tych skutków, głównie związanych ze środowiskiem, bardzo często podejmowane są badania dotyczące problemów klimatycznych, takich chociażby, jak stan powietrza, który stale się pogarsza (Strykiewicz i in., 2021).

Od lat 90. XX wieku uwaga przemysłu motoryzacyjnego skierowana jest na ekologię (Dąbała & Dudziński, 2012: 258). Rośnie popularność pojazdów elektrycznych, zauważalna chociażby we wzroście ich sprzedaży. To powoduje ciągłą pracę nad rozwojem technologii akumulatorów. Baterie, oprócz tego, że znajdują się w wyposażeniu tych samochodów, są także jednym z najważniejszych elementów (Torbus i in., 2018). Aktualnie baterie są w stanie magazynować coraz większą ilość energii elektrycznej, a ich masa na przestrzeni lat zmalała. Istotnymi aspektami nowoczesnych źródeł energii są takie możliwości, jak szybsze ładowanie i głębsze rozładowywanie, przy czym nie wpływa to na pojemność oraz trwałość (Dąbała & Dudziński, 2012: 258).

Istotnym elementem w technologii baterii w pojazdach elektrycznych jest BMS (ang. *Battery Management System*). Jest to system zarządzania baterią (Kielin i in., 2023: 19). System ten jest bardzo istotny dla pojazdów elektrycznych, ponieważ sprawuje nadzór nad ich pracą. Energia stosowana do pracy pojazdów elektrycznych pochodzi z baterii akumulatorów. Dzięki Systemowi Zarządzania Baterią baterie te są nadzorowane i zarządzane, a dodatkowo BMS monitoruje ich ładowanie i rozładowywanie poprzez komunikację z komputerem pokładowym pojazdu EV. Do czynności nadzorowania należą:

- pilnowanie poziomu naładowania baterii;
- informowanie o rozładowaniu baterii;
- nadzór nad procesem rekuperacji energii podczas hamowania;
- pilnowanie wielkości prądów ładowania oraz prądów rozładowania.²

System zarządzania baterią mierzy i monitoruje prędkość pojazdu, zużycie energii z akumulatorów pojazdu oraz zużycie energii z baterii. BMS monitoruje także stan naładowania (SOC), stan zdrowia (SOH), przeładowanie, temperaturę, a także nadmierne rozładowanie akumulatora. Gdy dochodzi do rozładowywania akumulatora, BMS wysyła sygnał do jednostki, która steruje elektroniką. Jednostka ta generuje sygnał sterujący do przetwornika i reguluje prędkość

2 <https://kon-tec.eu/blog/jak-dziala-bms-w-pojezdzie-elektrycznym> [dostęp: 20.09.2024].

ruchu pojazdu. Dzięki temu procesowi żywotność akumulatora wydłuża się oraz zwiększa wydajność i efektywność samochodu elektrycznego³.

W pojazdach elektrycznych najczęściej stosuje się akumulatory litowo-jonowe, cenione za dużą pojemność, niewielką masę i długą żywotność. Każdy taki akumulator składa się z wielu ogniw, w których energia powstaje dzięki przepływowi jonów litu między elektrodami – anodą (zwykle grafitową) i katodą (najczęściej z tlenków metali). Działanie baterii nadzoruje system BMS, który kontroluje temperaturę, napięcie i poziom naładowania ogniw, zapobiegając ich uszkodzeniom. Dzięki temu bateria może pracować bezpiecznie i efektywnie, a pojazd zyskuje odpowiednią moc do napędu i większy zasięg⁴. Jednym z powodów rosnącej popularności samochodów elektrycznych jest zaostrzanie norm dotyczących emisji CO₂. W odpowiedzi na te wymagania producenci i konsumenci coraz częściej sięgają po pojazdy elektryczne (Wójcik i in., 2017).

1. Metodologia badań

Wykorzystano kilka metod badawczych. Pierwszą metodą, wykorzystaną na samym początku badań, była analiza literatury w różnych formach, takich jak: książki, artykuły naukowe, publikacje dostępne w Internecie. Zaznajomienie się z wiedzą teoretyczną ukazuje technologię, która ciągle zmienia się i stale jest rozwijana. Drugą metodą badawczą wykorzystaną w pracy było opracowanie ankiety. Dzięki odpowiedziom badanej grupy respondentów można było sprawdzić wiedzę teoretyczną i to, jak przekłada się w praktyce. W kwestionariuszu zostały umieszczone pytania, których celem było zebranie informacji niezbędnych do przeprowadzenia analizy, dotyczące m.in.:

- preferowanych sposobów ładowania baterii w autach;
- możliwości ankietowanych, jeśli chodzi o miejsce ładowania pojazdu elektrycznego;
- preferencji utrzymania stanu naładowania baterii;
- tego, jaki rodzaj pojazdu elektrycznego posiadają.

Wyniki z kwestionariusza ankietowego dały możliwość wyciągnięcia wniosków, jak sposób użytkowania pojazdu elektrycznego ma wpływ na żywotność baterii.

2. Wyniki przeprowadzonych badań własnych

Zadaniem ankiety było zebranie od badanej grupy szeregu informacji dotyczących dbałości o baterię oraz użytkowania samochodów elektrycznych. Wykres 1 ilustruje proporcje odpowiedzi na temat tego, czy bateria w pojazdach respondentów często osiąga poziom 0% naładowania.

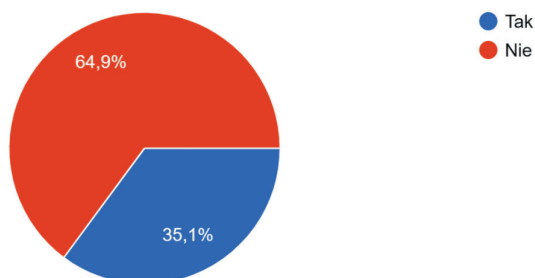
3 <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-a-battery-management-system.html> [dostęp: 27.02.2025].

4 <https://otoev.pl/baterie-do-aut-elektrycznych--zasada-dzialania-i-budowa.html> [dostęp: 11.09.2024].

Wykres 1. Jak często respondentom zdarza się mieć zbyt niski poziom naładowania baterii lub całkowicie rozładować baterie w pojeździe

Pytanie 6: Czy często twoja bateria osiąga poziom naładowania blisko 0% lub całkowicie?

37 odpowiedzi



Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych.

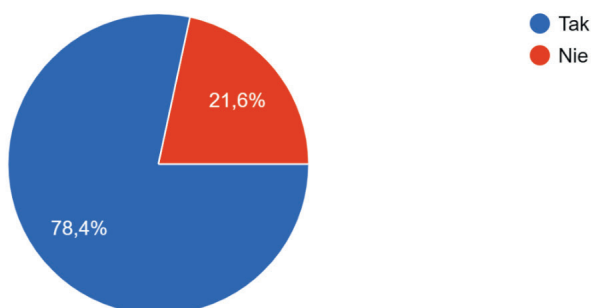
Na pytanie, czy ich bateria często osiąga poziom naładowania blisko 0% lub całkowitego rozładowania, większość respondentów – 64,9% – zaznaczyła odpowiedź „Nie”. To oznacza najprawdopodobniej, że respondenci dbają, aby zawczasu naładować baterię w swoim aucie. 35,1% ankietowanych wskazało, że często poziom naładowania baterii w ich autach jest bliski 0% lub nawet całkowicie się rozładowują. Świadczy to, że spora część respondentów nie dba o poziom naładowania i jeździ bardzo często na rezerwie, a nawet zdarza im się całkowicie rozładować baterię w swoim pojeździe. A jeśli to się często zdarza, wpływa negatywnie na żywotność baterii.

Wykres 2 ilustruje odpowiedzi respondentów odnośnie tego, czy często ładują baterię w swoim samochodzie do 100%.

Wykres 2. Czy często respondenci ładują baterię do 100%

Pytanie 7: Czy często zdarza Ci się ładować baterię do 100%?

37 odpowiedzi



Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych.

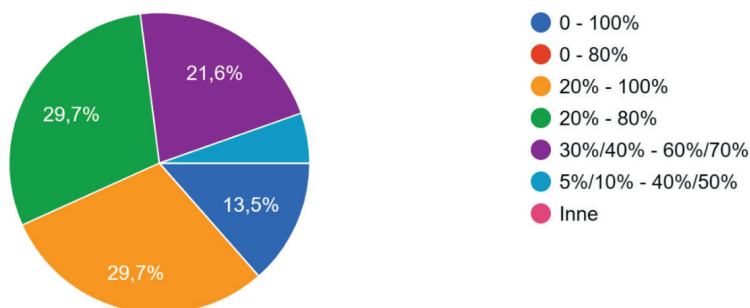
Odpowiedzi z ankiety pokazują, że 78,4% badanych często ładuje baterię w swoim samochodzie do 100%. Zbyt częste ładowanie baterii do 100% może odbić się na kondycji akumulatora w samochodzie. Tak wysoki wynik świadczy, że spora część osób nie pilnuje tego, aby w odpowiednim momencie zaprzestać ładowania. Dobrym momentem na zakończenie ładowania akumulatora jest poziom naładowania około 80%. Tylko 21,6% respondentów wskazało, że rzadko zdarza im się ładować baterię do 100%.

Na wykresie 3 widnieją odpowiedzi respondentów odnośnie tego, w jakim przedziale zazwyczaj ładują pojazd.

Wykres 3. W jakim przedziale respondenci ładują pojazdy (od i do)

Pytanie 9: W jakim przedziale zazwyczaj ładujesz pojazd (od i do)?

37 odpowiedzi



Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych.

Wynik ankiety pokazuje, że najczęściej – po 29,7% wskazań – respondenci ładują swoje auta w przedziałach 20%–100% oraz 20%–80%. Świadczy to, że najprawdopodobniej nie doprowadzają do zbyt niskich poziomów. Jednak różnica w poziomie ładowania baterii ma wpływ na jej kondycję. Respondenci, którzy deklarują, że ładują auta od 20% do 80%, postępują prawidłowo. Natomiast respondenci, którzy wskazali odpowiedź od 20% do 100% popełniają błąd, ponieważ zbyt częste ładowanie baterii do 100% źle na nią wpływa, powoduje nagrzewanie się baterii czy spadek jej pojemności. Kolejną odpowiedź: 30%/40%–60%/70% wybrało 21,6% respondentów. Taki przedział ładowania najprawdopodobniej świadczy, że praktycznie nie zdarza się im doprowadzać baterii do zbyt niskiego poziomu naładowania, a także do rozładowania. Jednak w porównaniu do grupy z przedziału 20% –80%, którą można nazwać książkową, ta część respondentów robi więcej cykli ładowania, co również w jakimś stopniu negatywnie wpływa na żywotność baterii w pojeździe elektrycznym.

13,5% respondentów zaznaczyło wariant od 0% do 100%. Oni najprawdopodobniej doprowadzają do częstego rozładowania baterii, a potem ładują ją do pełna. Taki przedział ładowania jest bardzo szkodliwy dla akumulatorów. Najmniej ankietowanych (5,4%) wybrało przedział ładowania od 5%/10% do 40/50%. Świadczy to najprawdopodobniej, że zbyt często poziom naładowania baterii w samochodzie jest niski, a doładowania baterii niewielkie, przez co dochodzi do większej liczby cykli. Utrzymywanie takiego przedziału ładowania również negatywnie odbija się na akumulatorze.

Wykres 4 obrazuje odpowiedzi respondentów na pytanie o najczęstsze miejsca parkowania pojazdów elektrycznych.

Wykres 4. Gdzie najczęściej pojazdy respondentów są zaparkowane

Pytanie 12: Gdzie najczęściej twój pojazd jest zaparkowany?

44 odpowiedzi



Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych.

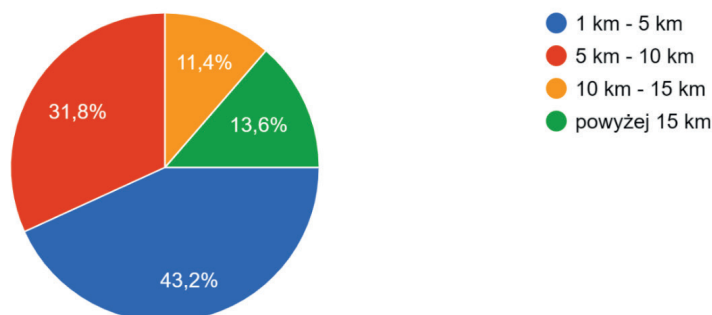
Wyniki ankiety pokazują, że blisko połowa respondentów – 45,5% – parkuje swoje pojazdy na zewnątrz, a dokładniej przy drodze, na parkingu. Zatem auta tej grupy badanych mają większą styczność z różnymi warunkami pogodowymi. Mowa tutaj o zbyt wysokich temperaturach na zewnątrz, zwłaszcza w okresie letnim, lub gdy są niskie, a nawet minusowe. W efekcie baterie w samochodach są częściej nagrzane przez słońce w gorące dni, a zimą i w zimne dni mają kontakt z chłodem – oba te czynniki źle wpływają na żywotność baterii. Ten sam problem mają respondenci (13,6%), którzy parkują na posesji/podjeździe. Pozostałe miejsca, czyli garaż (22,7% wskazań) i parking podziemny (18,2%), są lepsze do parkowania aut elektrycznych, ponieważ ich baterie nie są narażone na działanie niesprzyjających warunków pogodowych.

Wykres 5 obrazuje wskazania respondentów dotyczące odległości miejsca ich zamieszkania do stacji ładowania pojazdów elektrycznych.

Wykres 5. Jak daleko respondenci mają od miejsca zamieszkania do stacji ładowania pojazdów

Pytanie 14: Jak daleko od twojego miejsca zamieszkania są stacje ładowania?

44 odpowiedzi



Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych.

Z odpowiedzi respondentów wynika, że większość, bo aż 43,2%, ma blisko do stacji ładowania pojazdów – 1–5 km. Świadczy to, że najprawdopodobniej mieszkają w dużym mieście i praktycznie w chwilę mogą podjechać na stację i zacząć ładować samochód. Taka odległość jest wskazana dla kierowców, którzy nie mają możliwości ładowania swojego auta nigdzie indziej, niż na takich stacjach. Drugą najczęściej deklarowaną odpowiedzią było 5–10 km, zaznaczyło ją 31,8% respondentów. Ta grupa, podobnie jak opisana wcześniej, prawdopodobnie również mieszka w większym mieście, tylko że musi pokonać trochę dłuższą trasę, aby skorzystać ze stacji. Pozostali ankietowani, czyli 11,4% respondentów mających 10–15 km, oraz 13,6% respondentów mających do stacji

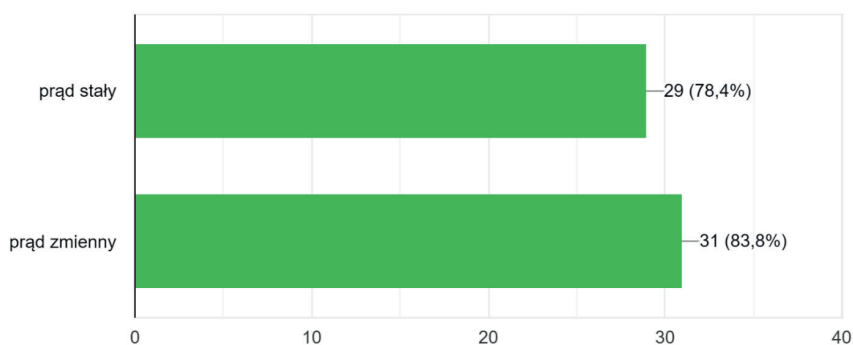
ładowania powyżej 15 km, najprawdopodobniej mieszkają w małych miejscowościach lub na wsi. Mają oni już kawałek do najbliższej stacji. Taki stan rzeczy jest niekorzystny przede wszystkim dla tych, którzy nie mają innej możliwości ładowania swoich samochodów niż na ogólnodostępnych stacjach, i może skutkować tym, że ich auto częściej ma zbyt niski poziom naładowania oraz że ładują baterię do pełna, czyli do 100%, gdyż mają daleko do stacji i ładują na zapas. A takie rzeczy negatywnie odbijają się na żywotności baterii w ich pojazdach elektrycznych.

Wykres 6 obrazuje odpowiedzi respondentów na temat rodzaju prądu, jakim ładują swoje auta.

Wykres 6. Jakim rodzajem prądu respondenci ładują swoje pojazdy

Pytanie 15: Jakim rodzajem prądu ładujesz swój pojazd? (można zaznaczyć więcej niż 1 odpowiedź)

37 odpowiedzi



Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych

Wyniki ankiety pokazują, że respondenci ładują swoje pojazdy zarówno prądem zmiennym (83,8%), jak i prądem stałym (78,4%). Do grupy, która ładuje zazwyczaj obydwojema rodzajami prądu, należą zapewne respondenci, którzy mają możliwość ładowania nie tylko na stacjach ładowania i mają blisko miejsca zamieszkania takie stacje. Natomiast grono respondentów, którzy ładują wyłącznie prądem zmiennym, to najprawdopodobniej osoby bardziej dbające o żywotność baterii w swoich autach (ponieważ ładowanie prądem AC jest lepszym wyborem niż prądem DC) i mające możliwość ładowania nie tylko na stacjach ogólnodostępnych, a również np. w domu, w firmie itp. Z kolei o respondentach, którzy zaznaczyli tylko odpowiedź „prąd stały”, można powiedzieć że: bardziej szkodzą baterii niż osoby ładujące prądem zmiennym, a także więcej wydają na ładowanie pojazdu, ponieważ ładowanie prądem DC jest droższe niż prądem AC.

3. Podsumowanie i wnioski

Z przeprowadzonych badań wynika, że na żywotność baterii w pojazdach elektrycznych wpływa wiele aspektów. Oto one.

- Miejscowość, w jakiej mieszka posiadacz pojazdu elektrycznego. Im większa miejscowość, tym bliżej do ogólnodostępnej stacji ładowania. Dzięki temu osoby, które nie mają możliwości ładować w innych miejscach swoich samochodów, mogą zadbać o poziom naładowania baterii, by ten nie osiągał często zbyt niskiego poziomu, a także o nieładowanie do pełna, ponieważ wpływa to negatywnie na żywotność baterii.
- Utrzymywanie pojazdu zazwyczaj na rezerwie tylko mu szkodzi, przez co żywotność baterii także się pogarsza.
- Zbyt częste ładowanie baterii w pojeździe elektrycznym do 100% także wyniszcza baterie, poprzez chociażby spadek pojemności czy doprowadzania do częstszego przegrzewania się baterii.
- Utrzymywanie baterii na poziomie naładowania 20%–80% pozwoli wydłużyć jej lepszy stan.
- Również miejsce parkowania samochodu z baterią ma wpływ na jej stan. Jeśli pojazd zaparkowany jest zazwyczaj na zewnątrz, to częściej jest narażony na różne warunki pogodowe, a parkowanie pod chmurką w skrajnych temperaturach jest bardzo szkodliwe dla baterii samochodowych. W gorące dni bateria bardzo się nagrzewa, a w zimne dni ma kontakt z chłodem. Wszystko to negatywnie wpływa na jej żywotność. W okresie letnim warto chociaż parkować w cieniu, by w jakimś stopniu zminimalizować ryzyko nagrzewania się baterii, a jeszcze lepiej zaparkować pojazd w garażu czy na parkingu podziemnym.
- Unikanie ładowania pojazdów elektrycznych prądem stałym. Gdy istnieje możliwość, to lepiej zastosować ładowanie prądem zmiennym. Takie rozwiązanie spowolni proces pogarszania stanu baterii, a w przeprowadzonej ankiecie część respondentów stwierdziła, że ładując swój pojazd prądem AC, jest w stanie przejechać więcej kilometrów na jednym ładowaniu niż na prądzie stałym. Dodatkowo zbyt częste ładowanie prądem DC powoduje spadek pojemności baterii i jej częstsze nagrzewanie się. Tak też uważa część osób ankietowanych.

Zakończenie

Najważniejszym celem autora było sprawdzenie, jak sposób użytkowania samochodu elektrycznego wpływa na kondycję baterii. Wykonano badania ankietowe oraz przeanalizowano ich wyniki. Analiza wykazała, że respondenci najczęściej parkują swoje samochody na zewnątrz oraz ładują je na ogólnodostępnych stacjach ładowania blisko miejsca zamieszkania, najczęściej w obrębie 5 kilometrów. Respondenci niemal po równo wskazali, że ładują auta prądem zmiennym i prądem stałym. Zdecydowana większość z nich opowiedziała się za częstym korzystaniem z usług

szybkiego ładowania. Z ankiet wynika, że ładują swoje pojazdy elektryczne w różnych przedziałach poziomu naładowania.

Badania ankietowe pokazały, że sposób użytkowania pojazdu elektrycznego ma znaczący wpływ na kondycję baterii. Przedstawione aspekty udowadniają, że właściciel pojazdu ma realny wpływ na to, w jakim tempie będzie starzeć się bateria. Tego procesu nie da się uniknąć, nawet dbając o baterie w każdym aspekcie. Jest to naturalna kolej rzeczy. Jednakże cały czas prowadzone są badania i trwają prace nad ulepszeniem sprawności i żywotności akumulatorów w pojazdach elektrycznych.

Bibliografia

- Dąbała, K., & Dudziński, J. (2012). Napęd bezpośredni w pojazdach samochodowych: przegląd konstrukcji. *Prace Instytutu Elektrotechniki*, (260): 257–270.
- Kielin, J., Kołodziejczyk, T., Majka, I., Tępiński, J., Zboina, J. (2023). *Prowadzenie działań ratowniczych podczas zdarzeń z udziałem pojazdów z napędem elektrycznym* (s. 19). Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej, Państwowy Instytut Badawczy.
- Strykiewicz, T., Kołsut, B., Doszczeczko, B., Dyba, W., Kisiała, W., Kudlak, R., & Wojtyra, B. (2021). Przegląd ekonomiczno-przestrzennych badań rynku samochodów osobowych. *Przegląd Geograficzny*, 93(2): 249–268.
- Torbus, B., Meinicke, T., & Tyrtania, R. (2018). Przegląd osiągnięć ogniw litowo-jonowych w odniesieniu do wymagań wynikających z zastosowania w samochodowych pojazdach elektrycznych. *Maszyny Elektryczne: zestyty problemowe*, 3(119): 59–64.
- Wójcik, M., Pawłowska, B., & Stachowicz, F. (2017). Przegląd technologii recyklingu zużytych akumulatorów litowo-jonowych. *Advances in Mechanical and Materials Engineering*, 34(295).

Netografia

- <https://kon-tec.eu/blog/jak-dziala-bms-w-pojezdzie-elektrycznym> [dostęp: 20.09.2024].
- <https://otoev.pl/baterie-do-aut-elektrycznych--zasada-dzialania-i-budowa.html> [dostęp: 11.09.2024].
- <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-a-battery-management-system.html>, [dostęp: 27.02.2025].

Design Thinking i LEGO Serious Play w szkolnictwie wyższym – innowacyjne metody rozwijania kompetencji transferowalnych u studentów

Streszczenie

Artykuł przedstawia możliwości zastosowania metod Design Thinking i LEGO Serious Play w szkolnictwie wyższym jako narzędzi wspierających rozwój kompetencji transferowalnych studentów. Omówiono pojęcie kompetencji transferowalnych oraz teoretyczne i praktyczne podstawy obu metod, a także zaprezentowano wyniki badań empirycznych. Praca wskazuje na potrzebę adaptacji tych metod w środowisku akademickim w kontekście zmieniających się wymagań współczesnego rynku pracy.

Słowa kluczowe: Design Thinking, LEGO Serious Play, kreatywność, kompetencje transferowalne, edukacja

1 Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej

2 Student Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej

Wstęp

W obliczu dynamicznych zmian na rynku pracy oraz rosnących oczekiwań wobec absolwentów uczelni wyższych, tradycyjne metody dydaktyczne nie zawsze odpowiadają na potrzeby rozwijania nowoczesnych kompetencji, w szczególności kompetencji transferowalnych. W niniejszym artykule poddano analizie dwa innowacyjne podejścia dydaktyczne – metodę Design Thinking oraz metodę LEGO Serious Play. Autorzy skupiają się na roli tych metod w kształtowaniu kompetencji transferowalnych, takich jak kreatywność, krytyczne myślenie, zdolności komunikacyjne czy umiejętność pracy zespołowej. Wstęp prezentuje także kontekst historyczny i teoretyczny, w którym narodziły się omawiane metody, a także ich ewolucję oraz adaptację w środowisku akademickim. Celem artykułu jest nie tylko przedstawienie innowacyjnych narzędzi dydaktycznych, ale także zaprezentowanie wyników badań, które potwierdzają ich skuteczność w podnoszeniu poziomu kreatywności i elastyczności myślenia wśród studentów. Artykuł ma na celu zachęcenie do dalszej integracji metod aktywizujących oraz do refleksji nad nowoczesnymi strategiami kształcenia.

Autorka niniejszego artykułu od wielu lat pracuje jako wykładowca akademicki, moderatorka metody Design Thinking, facylitatorka metody LEGO Serious Play oraz trenerka kreatywności i innowacyjności. Zainteresowanie autorki nowymi metodami i narzędziami kształcenia oraz rozwijania kreatywności zaowocowało licznymi projektami edukacyjnymi, warsztatami, szkoleniami, konkursami oraz publikacjami (Małecka-Tomała, 2017a: 89–103; 2017b: 60–69; 2022: 28–59). W niniejszym artykule prezentuje wspólnie ze studentem studiów licencjackich (na kierunku Zarządzanie w Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej) zagadnienie kompetencji transferowalnych oraz dwóch innowacyjnych metod dydaktycznych – Design Thinking oraz LEGO Serious Play, które pomagają rozwijać te kompetencje u studentów uczelni wyższych.

1. Pojęcie i znaczenie kompetencji transferowalnych

W dobie dynamicznych zmian na rynku pracy kompetencje transferowalne zyskują coraz większe znaczenie. W literaturze przedmiotu są one definiowane jako ogólne, uniwersalne zdolności i umiejętności, które mogą być wykorzystywane w różnych kontekstach zawodowych, niezależnie od stanowiska czy branży. Oznacza to, że mogą być z powodzeniem przenoszone pomiędzy różnymi rolami i środowiskami pracy. Kompetencje transferowalne nazywane są również kompetencjami przekrojowymi lub transwersalnymi.

Łukasz Sienkiewicz (2010: 649–654) określa je jako „kompetencje ogólne (*generic competencies*), uniwersalne, a czasem kluczowe” – przydatne w różnych grupach zawodowych i typach organizacji. Do przeciwieństwa kompetencji transferowalnych należą te specyficzne dla danej organizacji lub stanowiska, które

nie gwarantują wartości dodanej poza swoim pierwotnym kontekstem. Badania Sienkiewicza wskazują także na szeroki zakres kompetencji uznawanych za transferowalne, takich jak: zdolności przywódcze, komunikatywność, umiejętność pracy zespołowej, elastyczność, innowacyjność, zdolność do uczenia się czy zdolności analityczne.

Według raportu DELab UW (Włoch, Śledziwska, 2016: 44) kompetencje transferowalne są ściśle związane z tzw. kompetencjami przyszłości, czyli zestawem umiejętności i postaw, które umożliwiają skuteczne funkcjonowanie w zmiennym, cyfrowym środowisku pracy. Należą do nich m.in.: elastyczność poznawcza, kreatywność, krytyczne myślenie, umiejętność rozwiązywania problemów, współpraca i inteligencja emocjonalna. W raporcie podkreślono również znaczenie empatii, eksperymentowania, odkrywania problemów oraz współpracy.

W obliczu postępującej automatyzacji i cyfryzacji posiadanie kompetencji transferowalnych staje się kluczowe dla utrzymania konkurencyjności na rynku pracy. Pracodawcy coraz częściej poszukują kandydatów, którzy potrafią adaptować się do nowych warunków, efektywnie komunikować się i rozwiązywać problemy. Umiejętności te są trudniejsze do zastąpienia przez maszyny, co czyni je niezwykle cennymi w erze technologicznej.

Z badań opartych na analizie ogłoszeń o pracę (Sienkiewicz, 2010: 649–654) wynika, że pracodawcy najczęściej oczekują od kandydatów takich kompetencji, jak: doświadczenie w zarządzaniu zespołem, wykształcenie wyższe, komunikatywność, samodzielność i znajomość języków obcych. Wśród największych barier transferu kompetencji między stanowiskami wymieniono natomiast wiedzę zawodową oraz znajomość branży. Ponadto wyniki badań ankietowych przeprowadzonych wśród studentów kilku polskich uczelni przez A. Kowalską (2024: 23–38) zwracają uwagę na niski poziom samooceny studentów w zakresie kompetencji miękkich, takich jak komunikacja i praca w zespole, oraz technicznych, takich jak obsługa narzędzi cyfrowych.

Wyróżnić można kilka głównych kompetencji transferowalnych (przedstawionych w tabeli 1), które mają znaczący wpływ na sukces pracownika na rynku pracy.

Tabela 1. Kluczowe kompetencje transferowalne

Lp.	Nazwa kompetencji	Zakres kompetencji
1.	Praca zespołowa	Umiejętność efektywnej współpracy z innymi, dzielenia się informacjami i wspólnego osiągania celów.
2.	Rozwiązywanie problemów	Zdolność do identyfikowania przyczyn problemów, analizowania dostępnych informacji i formułowania skutecznych rozwiązań.

Lp.	Nazwa kompetencji	Zakres kompetencji
3.	Krytyczne myślenie	Umiejętność obiektywnej analizy informacji, odróżniania faktów od opinii oraz podejmowania decyzji opartych na rzetelnych danych.
4.	Kreatywność	Zdolność do tworzenia innowacyjnych rozwiązań i niesza- blonowego myślenia, co jest cenne w wielu dziedzinach, nie tylko w branżach kreatywnych.
5.	Adaptacyjność	Umiejętność szybkiego dostosowywania się do zmieniają- cych się warunków pracy, nowych technologii czy procedur.
6.	Zarządzanie czasem	Efektywne planowanie i organizowanie własnej pracy, ustala- nie priorytetów oraz terminowe realizowanie zadań.

Źródło: opracowanie własne.

Liczne badania (zaprezentowane w tabeli 2) wskazują jeszcze bardziej rozbudowaną listę kompetencji transferowalnych, które wymagane są od pracowników i mogą zwiększać szanse na zatrudnienie w przyszłości.

Tabela 2. Kompetencje transferowalne w przykładowych badaniach

Badanie	Rodzaj kompetencji / ba- dana kategoria	Wymagania kompetencyjne
<i>Critical Skills Needs and Resources for the Changing Workforce,</i> Society for Human Resource Management (SHRM), USA, 2008	kompetencje wymaga- ne od doświadczonych pracowników (od najistotniejszych do naj- mniej istotnych)	– elastyczność – umiejętność krytycznego myślenia/roz- wiązywania problemów – zdolności przywódcze – znajomość technologii – komunikacja w języku obcym – praca w zespole – umiejętność rozwiązywania konfliktów – umiejętność negocjacji – zarządzanie relacjami z klientami – zarządzanie różnorodnością pracowników – zrozumienie potrzeb rynku pracy – zarządzanie wiedzą – znajomość zarządzania projektami – postawa obywatelska – wiedza ekonomiczna w ujęciu globalnym – planowanie strategiczne – znajomość rachunkowości

Badanie	Rodzaj kompetencji / badana kategoria	Wymagania kompetencyjne
„New skills for new jobs” – European Monitoring Centre on Change – Eurofound, European Foundation for the Improvement of Living and Working Condition, 2010	analiza najważniejszych sektorów (komputery; elektronika; energia i gospodarka niskoemisyjna; budownictwo; produkcja sprzętu elektronicznego; gospodarka oparta na wiedzy; inżynieria i zarządzanie; opieka zdrowotna; przemysł farmaceutyczny; przemysł elektroniczny; transport i logistyka; hotele i restauracje; usługi finansowe i doradcze; przemysł rynekowy i inne)	– wiedza z zakresu prawa – kompetencje językowe – obsługa programów i sprzętu komputerowego – umiejętność rozwiązywania problemów w „mobilnym środowisku pracy” – znajomość technologii ICT – innowacyjność i kreatywność – zarządzanie projektami – umiejętność radzenia sobie z nowymi zadaniami – kompetencje w zakresie pracy zespołowej – umiejętność pozyskiwania klientów – znajomość specyfiki rynków
<i>Foresight kadr nowoczesnej gospodarki</i> (red. K.B. Matusiak, J. Kuciński, A. Gryzik), PARP 2009	oczekiwane kompetencje pracowników (obecnie i w przyszłości) i rekomendacje	– znajomość narzędzi informatycznych i środowisk teleinformatycznych – umiejętność obsługi narzędzi e-learningowych – mobilność – umiejętność pracy zdalnej – kompetencje językowe – umiejętność pracy w międzynarodowych zespołach – umiejętność posługiwania się metodami matematyki i statystyki
<i>Skills for improved workforce competitiveness (2007–2008)</i>, International Labour Office	kompetencje pracowników przydatne na zmieniającym się rynku pracy (obecnie i w przyszłości)	– adaptacja do zmian – praca w zespole – gromadzenie, przetwarzanie i wykorzystywanie informacji – chęć do ciągłego uczenia się i podnoszenia kwalifikacji – zdolność do zdobywania unikalnych wyspecjalizowanych kompetencji

Źródło: Sienkiewicz Ł. (2010). *Kompetencje transferowalne menedżerów w badaniach oczekiwań pracodawców*. W: *Menedżer w gospodarce opartej na wiedzy*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu nr 115: 650–651.

Raport DELab UW (Włoch, Śledziowska, 2016: 44) wskazuje, że szkolnictwo wyższe nie zawsze skutecznie przygotowuje studentów do pracy zawodowej. Tylko 26% uczestników badania uznało, że studia dobrze przygotowują do pracy, a większość przyznała, że uczelnie rozwijają głównie kompetencje poznawcze, a w mniejszym stopniu społeczne i cyfrowe. W związku z tym coraz większą rolę przypisuje się aktywnym i innowacyjnym metodom dydaktycznym.

Wyniki badań przeprowadzonych przez J. Malinowskiego i M. Nowak (2025: 41–59), polegających na porównaniu programów kształcenia na wybranych kierunkach humanistycznych, w różnych polskich ośrodkach akademickich w Polsce, pod kątem rozwijania kompetencji transferowalnych, zwracają szczególną uwagę na takie obszary, jak krytyczne myślenie, umiejętności prezentacyjne i zarządzanie projektami. Autorzy badań wykazali, że choć w oficjalnych programach studiów rośnie znaczenie zajęć ukierunkowanych na rozwój kompetencji miękkich, to brakuje spójnego systemu oceny i monitorowania postępów studentów w tym zakresie.

Z przeprowadzonych przez E. Wysocką (2024: 67–82) badań ankietowych i wywiadów wynika, że studenci dostrzegają potrzebę wzmacniania kompetencji miękkich – zwłaszcza tych związanych z komunikacją w międzynarodowych zespołach i zarządzaniem czasem. Autorka zwraca uwagę na konieczność łączenia kompetencji *stricte* technicznych z tzw. metaumiejętnościami, co może znacząco zwiększyć konkurencyjność absolwentów na rynku pracy.

Światowe Forum Ekonomiczne w raporcie *The Future of Jobs Report 2020* wskazuje dziesięć najważniejszych umiejętności – kompetencji przyszłości pracowników na 2025 rok, do których należą:

1. analityczne myślenie;
2. aktywne uczenie się i znajomość skutecznych strategii nauki;
3. rozwiązywanie skomplikowanych problemów;
4. krytyczne myślenie i analiza;
5. kreatywność, oryginalność i inicjatywa;
6. przywództwo i wpływ społeczny;
7. użycie technologii, monitorowanie i kontrola;
8. projektowanie technologii i programowanie;
9. odporność psychiczna, tolerancja na stres, elastyczność;
10. rozwiązywanie problemów i generowanie pomysłów (Kwaśniewska, 2025: 56).

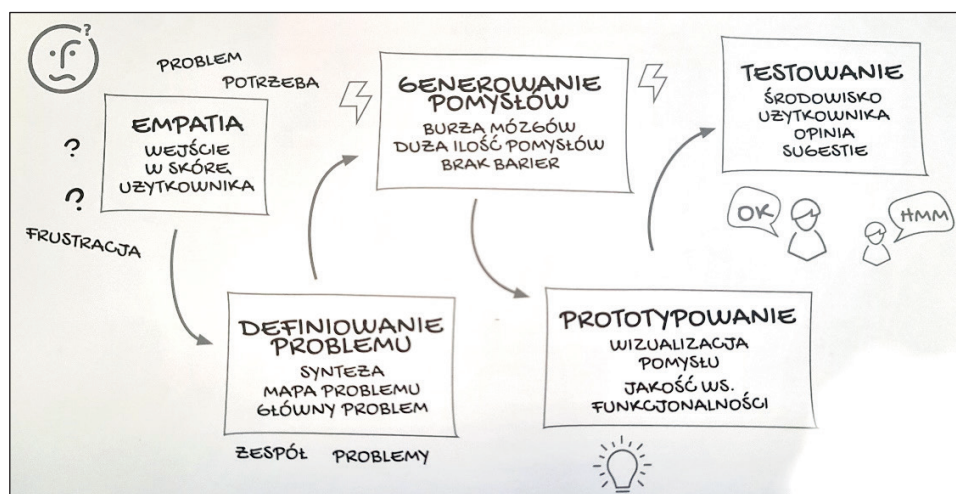
Szeroki zakres powyższych kompetencji, w tym kompetencji transferowalnych, możliwy jest do pozyskania przez studentów dzięki zastosowaniu przez wykładowców innowacyjnych metod dydaktycznych, m.in. takich jak metoda Design Thinking oraz metoda LEGO Serious Play, opisanych w kolejnych rozdziałach.

2. Metoda Design Thinking

Design Thinking, czyli myślenie projektowe, to nowoczesna metoda, która może być skutecznie wykorzystywana jako narzędzie edukacyjne na poziomie szkolnictwa wyższego. Jej głównym celem jest tworzenie innowacyjnych rozwiązań poprzez zrozumienie potrzeb użytkowników, co sprawia, że jest szczególnie przydatna w kontekście edukacji. Pierwsze wzmianki o projektowaniu skoncentrowanym na człowieku pojawiły się w jeszcze w XX wieku, gdy powstał Bauhaus – szkoła artystyczno-rzemieślnicza (1919 r.), na wystawie sztokholmskiej zaprezentowano meble dostosowane do potrzeb użytkownika (1930 r.), pojawił się Manifest J.P. Guilforda i nastąpił rozwój psychologii twórczości (1950 r.), a na Uniwersytecie Stanforda uruchomiono Joint program – szkołę projektowania skupionego na człowieku (1957 r.). W 1994 r. powstała organizacja IDEO – do dziś największa firma projektowa na świecie wykorzystująca Design Thinking oraz interdyscyplinarny ośrodek projektowy, pozwalający studentom z różnych specjalizacji realizować projekty tą metodą dla przedsiębiorstw, fundacji i społeczności lokalnych. Firmę założył profesor Uniwersytetu Stanforda David M. Kelley, przy wsparciu finansowym Hasso Plattnera. Powstanie IDEO uznaje się za wydarzenie podsumowujące dwudziestowieczną historię metody Design Thinking, potwierdzające jej skuteczność³. Metoda ta jest praktykowana na świecie od kilkudziesięciu lat, w tym przez największe globalne firmy, takie jak: Apple, Microsoft, HBO, Ikea, Ford, GE, Lufthansa czy Google. Natomiast dynamiczny rozwój naukowy metody Design Thinking był możliwy dzięki powstaniu w 2005 r. d.school: Institute of Design na Uniwersytecie Stanforda i wprowadzeniu Design Thinking do programu nauczania. W Europie promowanie metody Design Thinking rozpoczęło się dzięki otwarciu w 2007 r. Hasso Plattner Institut School of Design w Poczdamie (Grocholiński, 2021: 19).

Metoda Design Thinking składa się z pięciu podstawowych etapów: empatyzacji, definiowania problemu, generowania pomysłów, prototypowania i testowania rozwiązań, które przedstawiono na rysunku poniżej.

3 Por. Kelly, T., & Kelly, D. (2019). *Twórcza odwaga. Otwórz się na Design Thinking*. Wydawnictwo MT Biznes.

Rysunek 1. Etapy metody Design Thinking

Źródło: Derlukiewicz, N. & Derlukiewicz, D. (2022). *DT Workshop Manual – manual dedykowany warsztatom metodycznym DT. Podstawowe (basic) techniki i narzędzia procesowe*. Centrum Projektowania Innowacyjnych Rozwiązań – DT HUB.

Implementacja metody Design Thinking w szkolnictwie wyższym, składająca się ze wskazanych wcześniej pięciu etapów, jest procesem, a w każdym z etapów studenci muszą zrealizować konkretne działania, opisane w tabeli 3. Każdy z tych etapów jest istotny dla skutecznego wdrożenia Design Thinking w edukacji. Proces ten rozwija u studentów kompetencje kreatywnego myślenia, rozwiązywania problemów, pracy w zespole, krytycznego myślenia i adaptacyjności.

Tabela 3. Etapy procesu Design Thinking w praktyce dydaktycznej

Nazwa etapu	Przebieg etapu
ETAP 1 Empatyzacja	Pierwszy etap polega na zrozumieniu potrzeb i doświadczeń użytkowników, dla których projektujemy. Studenci angażują się w bezpośrednie interakcje, przeprowadzają wywiady oraz obserwacje, co pozwala im „wejść w buty” odbiorców i lepiej zrozumieć ich problemy i wyzwania.
ETAP 2 Definiowanie problemu	Na tym etapie studenci analizują zebrane informacje i formułują konkretne wyzwanie projektowe. Kluczowe jest, aby umiejętnie wyciągnąć wnioski z przeprowadzonych badań, co prowadzi do precyzyjnego określenia problemu, który ma być rozwiązany

Nazwa etapu	Przebieg etapu
ETAP 3 Generowanie pomysłów	W tym etapie studenci wykorzystują różnorodne techniki kreatywne, takie jak m.in. burza mózgów, aby wygenerować jak największą liczbę pomysłów na rozwiązanie zdefiniowanego problemu. Celem jest stworzenie szerokiego wachlarza koncepcji, które będą odpowiadały na potrzeby użytkowników.
ETAP 4 Prototypowanie	Po wybraniu najbardziej obiecujących pomysłów studenci przystępują do tworzenia prototypów. Mogą to być proste modele, rysunki lub inne wizualizacje ich koncepcji. Prototypy powinny być szybkie i tanie w produkcji, co pozwala na łatwe testowanie i wprowadzanie poprawek.
ETAP 5 Testowanie	Ostatni etap polega na przedstawieniu prototypów użytkownikom i zbieraniu informacji zwrotnych. Studenci analizują opinie, co pozwala im na dalsze doskonalenie swoich rozwiązań. Kluczowe jest, aby podczas testowania nie przekonywać użytkowników do swoich pomysłów, lecz skupić się na uzyskaniu szczerych informacji zwrotnych.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Grocholiński, P., Just, M., Kołodziejczak, M., Michalska-Dominiak, B., & Michalska-Żyła A. (2021). *Design Thinking dla edukatorów*. Wydawnictwo UŁ.

Skuteczność i zasadność zastosowania metody Design Thinking w rozwijaniu kompetencji studentów potwierdzają liczne publikacje naukowe z tego obszaru, m.in. pod red. M. Chyły (2025), M. Gołębiowskiej i in. (2022), P. Grocholińskiego i in. (2021) czy Z. Okraj (2020).

Autorka niniejszego artykułu przeprowadziła w okresie 1.10.2023 – 31.01.2025 badanie empiryczne wśród 140 polskich i międzynarodowych studentów, którzy ukończyli ćwiczenia z przedmiotu Design Thinking, w ramach programu studiów magisterskich na kierunku Zarządzanie w Akademii WSB. W trakcie zajęć studenci opracowywali m.in. fizyczne prototypy innowacyjnych rozwiązań, zaprezentowane na fot. 1.

Fot. 1. Przykładowe prototypy innowacyjnych rozwiązań stworzone przez studentów podczas zajęć dydaktycznych metodą Design Thinking w Akademii WSB



Badanie wykazało, że po realizacji 18 godzin dydaktycznych ćwiczeń z przedmiotu Design Thinking, aż 76% studentów wyraziło subiektywną opinię na temat wzrostu własnej kreatywności, w porównaniu do momentu przed rozpoczęciem zajęć. Osobiste opinie studentów, po zrealizowanych ćwiczeniach, wskazują także na duży wpływ tej metody na pozyskanie przez nich także innych niezbędnych na rynku pracy kompetencji transferowalnych:

- „Zaskoczyła mnie efektywność metody oraz to, że można z niej korzystać w każdym procesie w przedsiębiorstwie. Proces jest bardzo intuicyjny, już wykorzystałem go w agencji, w której pracuję”.

- „Umiejętność tworzenia czegoś wspólnie z członkami zespołu i osiągnięcia pożądanego rezultatu. To doświadczenie oraz sama metoda okazały się pomocne w moim rozwoju indywidualnym”.
- „W istocie Design Thinking to dynamiczna i elastyczna metoda, która zachęca do kreatywności i empatii w rozwiązywaniu złożonych problemów. Jej siłą jest promowanie nastawienia na ciągle doskonalenie oraz głębokie zrozumienie użytkowników na każdym etapie procesu projektowego”.
- „Sposób prowadzenia zajęć przez wykładowcę jest bardzo angażujący i interaktywny, co w dużym stopniu wzbogaca moje doświadczenie edukacyjne”.

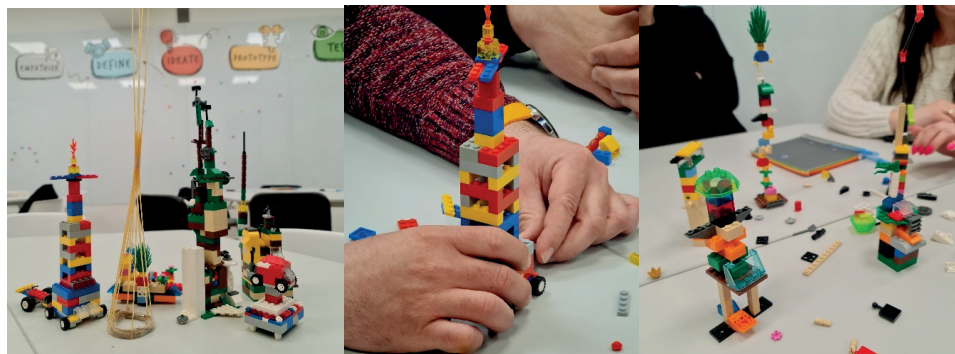
3. Metoda LEGO Serious Play

LEGO Serious Play to innowacyjna metoda edukacyjna, która wykorzystuje klocki LEGO do stymulowania kreatywnego myślenia i rozwiązywania problemów. Metoda została rozwinięta w latach 90. XX wieku przez badaczy z myślą o zastosowaniach biznesowych, a następnie znalazła swoje miejsce również w edukacji.

Idea metodologii LEGO Serious Play zrodziła się w 1996 roku, kiedy to profesorowie Johan Roos i Bart Victor z IMD Business School w Szwajcarii, wraz z CEO i właścicielem LEGO Group, Kjeldem Kirkiem Kristiansenem, poszukiwali alternatywnych narzędzi i systemów planowania strategicznego. Opracowali oni przekonanie o ogromnej wartości, jaką pracownicy wnoszą do inkluzywnego podejmowania decyzji strategicznych, a także koncepcję rozwijającej się – adaptacyjnej strategii, która zakładała wykorzystanie elementów LEGO jako trójwymiarowych modeli reprezentujących kwestie biznesowe i wyzwania. Strategia ta otrzymała nazwę LEGO Serious Play. Wspólnie założyli firmę Executive Discovery Ltd., która opracowała i wprowadziła na rynek metodologię LEGO Serious Play. Metoda LEGO Serious Play oferuje zaawansowany sposób, umożliwiający grupie dzielenie się pomysłami, założeniami i rozumieniem zagadnień. Umożliwia uczestnikom prowadzenie bogatego dialogu, który pozwala na wypracowanie znaczących rozwiązań realnych problemów. Jest to metoda dająca pole do konstruktywnej refleksji oraz dialogu. Kluczowym założeniem metody jest przekonanie, że każda osoba posiada potencjał do wyrażania swoich idei w sposób symboliczny i wizualny. LEGO Serious Play jest wykorzystywane do eksploracji problemów, planowania strategicznego oraz wprowadzania nowych koncepcji (Isaac, 2023: 19–53).

W ramach metody, dzięki uporządkowanemu schematowi, uczestnicy wykorzystują klocki LEGO do tworzenia trójwymiarowych modeli, które reprezentują ich myśli, emocje i koncepcje związane z omawianym tematem. Ich przykłady zaprezentowano na fot. 2.

Fot. 2. Przykładowe modele stworzone przez studentów podczas warsztatów LEGO Serious Play w Akademii WSB



Źródło: materiały własne.

Zastosowanie metody LEGO Serious Play nie ogranicza się do potrzeb biznesu, z którego się wywodzi. Nadaje się ona do wykorzystania w każdej sytuacji, w której liderzy chcą, aby ludzie się zaangażowali, odblokowali nową wiedzę i przełamali nawykowe myślenie. Wśród zastosowań tej metody można wymienić m.in.:

- edukację dla szkół podstawowych i ponadgimnazjalnych;
- szkolnictwo wyższe, w tym szkoły biznesu;
- użycie w formie techniki wywiadu jakościowego w badaniach;
- grupy fokusowe i badania obserwacyjne.

Metoda LEGO Serious Play łączy kilka kluczowych cech w jedno praktyczne podejście:

- każdy może opanować proces budowania z klocków LEGO;
- nieustannie angażuje wszystkich uczestników i stawia ich na tym samym polu „zabawy”;
- ponieważ uczestnicy zawsze budują swoje odpowiedzi, zanim ktokolwiek zacznie mówić, zachęca to do ujawnienia autentycznych spostrzeżeń i redukuje wpływ indywidualnych opinii i perspektyw na badane sprawy;
- priorytetyzuje facylitację samodzielnego uczenia się względem nauczania i instruowania.

Metoda LEGO Serious Play odnosi sukcesy na poziomie uniwersyteckim, w tym na studiach licencjackich, magisterskich i biznesowych. Metoda ta jest zbliżona do metody *action learning*, która jest procesem edukacyjnym, w którym student wykonuje jakąś czynność, a następnie studiuje ją w celu poprawy swoich wyników. W środowisku *action learning*, występują małe grupy uczestników, a studenci zdobywają doświadczenie poprzez wielokrotne wykonywanie czynności, a następnie uzyskują informacje zwrotne poprzez analizowanie swoich działań.

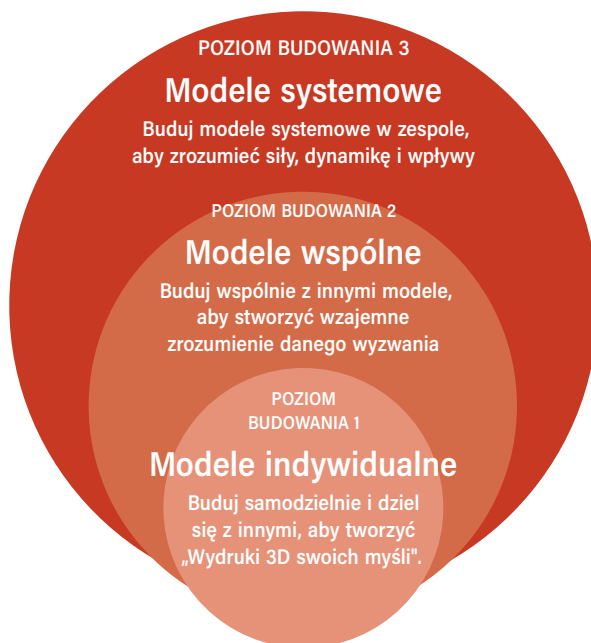
Ponadto zastosowanie tej metody w szkolnictwie wyższym jest możliwe również w takich obszarach jak m.in.:

- refleksja i dyskusja nad różnymi aspektami nauczania, uczenia się i programów nauczania;
- rozpoczynanie, ocenianie i udzielanie informacji zwrotnej na temat projektów studenckich;
- definiowanie treści i oczekiwań wobec programów edukacyjnych;
- budowanie zespołów studenckich i tworzenie społeczności osób uczących się;
- rozpoznawanie potrzeb i oczekiwań studentów;
- generowanie pomysłów na projekty edukacyjne (Kristiansen & Rasmussen, 2023: 209–212).

Wykładowcy stosujący metodę LEGO Serious Play, w tym współautorka niniejszego artykułu, udowadniają, że metoda ta ma znaczenie dla firm, w których pracują lub będą pracować studenci po zakończeniu edukacji.

Podstawą metody LEGO Serious Play jest prosty, ale potężny schemat wspierający moderację: wyzwanie – budowanie – dzielenie się – refleksja. Budowanie modeli zawsze realizowane jest na trzech poziomach, zaprezentowanych na rysunku 2, od modeli indywidualnych, poprzez modele współdzielone, po modele systemowe.

Rysunek 2. Poziomy budowania w metodzie LEGO Serious Play



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Isaac, L. (2023). *Building Better Learning: Using the LEGO® Serious Play® method in education*, Serious Work.

Metoda LEGO Serious Play wspiera rozwój kompetencji transferowalnych, takich jak: kreatywność, innowacyjność, krytyczne myślenie, adaptacyjność, zdolności analityczne oraz zdolność do efektywnej współpracy. Dzięki wspólnej pracy nad budowaniem modeli studenci rozwijają także kompetencje komunikacyjne i umiejętność pracy zespołowej. Interaktywna forma nauki pozwala uczestnikom na głębsze zrozumienie zagadnień i ułatwia wymianę pomysłów w grupie.

Podsumowanie

Analiza przeprowadzona w artykule potwierdza, że metody Design Thinking i LEGO Serious Play stanowią wartościowe narzędzia w procesie edukacyjnym na poziomie szkolnictwa wyższego. Wyniki ankiet przeprowadzonych wśród studentów wykazały, że interaktywna forma nauki przyczynia się do wzrostu kreatywności, a także rozwija kompetencje transferowalne, takie jak zdolność rozwiązywania problemów, praca zespołowa i komunikacja interpersonalna.

Autorzy podkreślają, że zastosowanie tych metod pozwala na efektywne łączenie teorii z praktyką, co jest kluczowe w kontekście dynamicznych zmian na rynku pracy. Artykuł wskazuje również na konieczność dalszych badań, aby jeszcze lepiej dostosować innowacyjne podejścia dydaktyczne do potrzeb współczesnych studentów. Podsumowując, integracja Design Thinking i LEGO Serious Play w procesie kształcenia otwiera nowe perspektywy w rozwijaniu umiejętności niezbędnych w nowoczesnej gospodarce opartej na wiedzy.

Kompetencje transferowalne to nie tylko modne pojęcie, ale realna potrzeba współczesnego rynku pracy. Ich rozwijanie powinno być celem każdej instytucji edukacyjnej. W warunkach czwartej rewolucji przemysłowej – opartej na cyfryzacji, AI i elastycznym zatrudnieniu – tylko osoby z dobrze ukształtowanymi kompetencjami uniwersalnymi będą w stanie odnaleźć się w nowych realiach zawodowych.

Bibliografia

- Chyłą, A. (red.). (2025). *Metody, które działają. Przewodnik dla prowadzących zajęcia w uczelniach*. Centrum E-learningu i Innowacyjnej Dydaktyki AGH.
- Derlukiewicz, N., Derlukiewicz D. (2022). *DT Workshop Manual – manual dedykowany warsztatom metodycznym DT. Podstawowe (basic) techniki i narzędzia procesowe*. Centrum Projektowania Innowacyjnych Rozwiązań – DT HUB.
- Gołębiowska, M., Jóźwik, B., Kwiatkowski, G., Czerniak, J., Kamiński, J. (2022). *Laboratorium Design Thinking. Kurs design thinking dla nauczycieli akademickich nauk społecznych*. Wydawnictwo KUL.
- Grocholiński, P., Just, M., Kołodziejczak, M., Michalska-Dominiak, B., & Michalska-Żyła A. (2021). *Design Thinking dla edukatorów*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Isaac, L. (2023). *Building Better Learning: Using the LEGO® Serious Play® method in education*. Serious Work.

- Kelly, T., & Kelly, D. (2019). *Twórcza odwaga. Otwórz się na Design Thinking*, Wydawnictwo MT Biznes.
- Kowalska, A. (2024). Rozwój kompetencji transferowalnych u studentów polskich uczelni – wyzwania i rekomendacje. *Edukacja i Dialog*, 48(1).
- Kristiansen, P., & Rasmussen, R. (2023). *Budowanie lepszego biznesu z użyciem metody LEGO® Serious Play®*, APN PROMISE. Wiley & Sons.
- Kwaśniewska, J.M. (2025). *21 kluczy do twórczego życia dziecka*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Malinowski, J., Nowak, M. (2025). Kształtowanie kompetencji transferowalnych na kierunkach humanistycznych w Polsce: analiza porównawcza programów studiów. *Przegląd Edukacyjny*, 62(2): 41–59.
- Małecka-Tomała, M. (2017a). Innowacje w edukacji – wykorzystanie technik kreatywnego myślenia w nauczaniu ekologii i ochrony środowiska. W: Z. Dacko-Pikiewicz, M. Małecka-Tomała (red.), *Edukacja ekologiczna we współczesnej szkole* (s. 89–103). Wydawnictwo Naukowe Wyższej Szkoły Biznesu w Dąbrowie Górniczej.
- Małecka-Tomała, M. (2017b). Kompetencje pracownika przyszłości. Rozwijanie innowacyjności i kreatywności szansą na sukces zawodowy. W: *Forum Rynku Pracy Województwa Śląskiego. Materiały pokonferencyjne*, s. 60–69.
- Małecka-Tomała, M. (2022). Design Thinking w edukacji – doświadczenia i dobre praktyki w rozwijaniu kreatywności uczniów i studentów. W: Z. Dacko-Pikiewicz, K. Szczepańska-Woszczyzna (red.), *Interdyscyplinarne prace naukowe studentów i doktorantów Akademii WSB*, tom 2 (s. 28–59). Wydawnictwo Naukowe Akademii WSB.
- Okraj, Z. (2020). *Design Thinking. Inspiracje dla dydaktyki*. Wydawnictwo Difin.
- Sienkiewicz, Ł. (2010). Kompetencje transferowalne menedżerów w badaniach oczekiwań pracodawców. W: *Menedżer w gospodarce opartej na wiedzy*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 115.
- Włoch, R., Śledziewska, K. (2016). *Kompetencje przyszłości. Jak je kształtować w elastycznym ekosystemie edukacyjnym?* DELab UW.

Shakespeare *versus* AI.

Ocena tłumaczenia literackiego na podstawie *Romea i Julii*

Streszczenie

Celem artykułu jest porównanie sposobu tłumaczenia tekstów przez ludzi oraz przez sztuczną inteligencję na podstawie fragmentu dzieła *Romeo i Julia* Williama Szekspira. W tym celu przedstawione zostaną różne aspekty tłumaczenia, takie jak sposób generowania, sprawdzania poprawności czy wizualnej strony tekstu. Autorka artykułu koncentruje się przede wszystkim na porównaniu prędkości i jakości pracy wykonywanej przez człowieka i przez sztuczną inteligencję poprzez przedstawienie podobieństw i różnic w przekładzie, zwłaszcza pod kątem struktury tekstu oraz odpowiedniego doboru słów.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja (AI), tłumaczenie, Szekspir, studium przypadku

1 Studentka Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej

Wstęp

W ciągu ostatnich lat technologia rozwija się coraz prężniej, a razem z nią – nowe możliwości. Najważniejszy dla rozwoju technologicznego był rok 1994, kiedy brytyjski programista Tim Berners-Lee wynalazł World Wide Web, czyli ogólnosięciową sieć, obecnie w uproszczeniu nazywaną Internetem². Wynalazek ten zrewolucjonizował nasze życie codzienne, dzięki czemu obecnie jesteśmy w stanie korzystać z Internetu w dowolnym miejscu na świecie. Technologia czyni nasze życie łatwiejszym – to właśnie jej zdobycze pozwalają nam pokonywać ogromne dystanse w mgnieniu oka czy wykonywać zabiegi medyczne niegdyś uznawane za niewykonalne³.

Jedną z gałęzi technologii, która w ostatnich latach zyskała na popularności, jest sztuczna inteligencja. Termin *Artificial Intelligence* (AI) odnosi się do komputerów, które są zdolne do naśladowania aspektów ludzkiego myślenia. Prosty kalkulator elektroniczny nie może być określony mianem AI, ale maszyna ucząca się na własnych błędach ma już status sztucznej inteligencji, co sprawia, że granica między działaniami AI a człowieka staje się niezwykle trudna do wytyczenia (Gibilisco, 1994). Obecnie nagłą koniecznością jest stworzenie ram prawnych i etycznych, które jasno określą, kto ponosi odpowiedzialność za ewentualne błędy AI⁴. Wątpliwości nie ulega natomiast to, że popularność tych narzędzi rośnie z roku na rok – AI wspomaga już nie tylko czołowych badaczy czy przedsiębiorców zatrudniających tysiące pracowników, ale także użytkowników indywidualnych. Powiadomienia przypominające o zrobieniu zakupów, najnowsze informacje o utrudnieniach drogowych czy nawet poprawienie ostrości niewyraźnego zdjęcia – sztuczna inteligencja niepostrzeżenie stała się nieodłącznym elementem naszego życia.

1. Historia przekładu – od nomady po AI

Jedna z dziedzin, w których obecność AI jest coraz bardziej widoczna, to rynek usług tłumaczeniowych. Aby zrozumieć implikacje tego zjawiska, należy przyjrzeć się historii zawodu tłumacza, której początki giną w mrokach przeszłości – pierwsze kroki, jakie ludzie stawiali w sztuce przekładu, miały bowiem miejsce nim wynaleziono pismo. Pierwsi tłumacze byli nomadami, którzy wędrowali z kupcami i pośredniczyli w transakcjach handlowych między różnojęzycznymi plemionami.

2 J. Bort, *Bez Google'a, bez Netfliksa, bez iPhone'a. Jak wyglądała technologia w 1994 roku*, online. <https://businessinsider.com.pl/technologie/nowe-technologie/postep-technologiczny-od-lat-90-do-teraz/ztrlvm5> [dostęp: 12.02.2025].

3 Ł. Kamiński, *Rozwój technologii XXI wieku*. Netkreator, online. <https://internetgrudziad.pl/rozwoj-technologii-xxi-wieku/> [dostęp: 13.02.2025].

4 K. Skrzek, *Etyka w sztucznej inteligencji: jak zapewnić, że AI będzie służyć dobru ludzkości?*, Platforma Przemysłu Przyszłości, online. <https://przemyslprzyszlosci.gov.pl/etyka-w-sztucznej-inteligencji-jak-zapewnic-ze-ai-bedzie-sluzyc-dobru-ludzkosci> [dostęp: 14.02.2025].

Przyswajali język za sprawą zjawiska immersji, gdyż funkcjonowanie pomiędzy różnojęzycznymi społecznościami wymuszało na nich stosowanie nowych struktur gramatyczno-leksykalnych. Dzięki tym umiejętnościom pozycja tłumaczy w hierarchii społecznej była wysoka, o czym świadczy ich obecność na polach bitew oraz dworach królewskich czy w świątyniach. Tłumacze byli więc niezbędni, gdyż to właśnie na nich ciążyła odpowiedzialność za szerzenie postępu. Upowszechniali bowiem nowe idee, na przykład tłumacząc sposób działania kanałów irygacyjnych stworzonych przez starożytne cywilizacje Mezopotamii, czy tłumacząc Europejczykom wymyślony przez starożytnych Egipcjan system dziesiętny. Wysiłki tłumaczy, którzy niestrudzenie działali na styku kultur, pozwoliły na szerzenie nowych rozwiązań, a co za tym idzie przyczyniły się do rozwoju cywilizacji, transferu wiedzy oraz budowania wspólnego dorobku ludzkości⁵.

Po wynalezieniu pisma praca tłumacza stała się jeszcze bardziej żmudna i czasochłonna – przełożenie tekstu, w zależności od jego objętości oraz złożoności języka, może wahać się od kilku godzin do kilku dni, a nawet tygodni. Około 1933 roku pojawiły się pierwsze tłumaczenia maszynowe, a gdy dostęp do Internetu był już powszechny, na rynek wprowadzono narzędzia CAT (*Computer-Assisted Translation*), które pozwalają na tłumaczenie wspomagane komputerowo. Programy te umożliwiają usprawnienie procesu przekładu poprzez tworzenie obszernych pamięci tłumaczeniowych, czyli baz danych zawierających przetłumaczone wcześniej teksty⁶, a także specjalistycznych słowników, zwanych glosariuszami, których zastosowanie pozwala ujednolicić terminologię⁷. Funkcje te pozwoliły usprawnić proces tłumaczenia i zwiększają jego dokładność, jednak dopiero zastosowanie sztucznej inteligencji zrewolucjonizowało pracę tłumaczy.

2. Tłumacz vs AI – taktyki tłumaczenia tekstów

Obecnie coraz więcej osób decyduje się na korzystanie z pomocy narzędzi sztucznej inteligencji przy wykonywaniu tłumaczeń – zarówno profesjonalni tłumacze, jak i osoby zajmujące się przekładem amatorsko decydują się na takie rozwiązanie ze względu na szybkość powstawania przekładu. Takie rozwiązania cieszą się ogromną popularnością wśród użytkowników Internetu, o czym świadczy pojawienie się na rynku coraz większej liczby platform, tj. Bing, Gminni czy Meta AI. Niezależnie od platformy, przygotowanie przekładu z pomocą sztucznej

5 Biuro Tłumaczeń Translax, *Historia tłumaczenia w pigułce*, online. <https://translax.eu/blog/historia-tlumaczenia-pigulce/> [dostęp: 12.02.2025].

6 Diunagroup, *Czym jest pamięć tłumaczeniowa?* dostęp online: <https://diuna.biz/czym-jest-pamiec-tlumaczeniowa/> [dostęp: 13.02.2025].

7 TKTranslate, *Oprogramowanie CAT, czyli narzędzia wspomagające pracę tłumacza*, online. <https://www.tktranslate.pl/oprogramowanie-cat-czyli-narzedzia-wspomagajace-prace-tlumacza/> [dostęp: 13.02.2025].

inteligencji jest niezwykle proste. Wystarczy, że użytkownik wybierze właściwą parę językową, a następnie wklei tekst w języku źródłowym w pole tekstowe, i otrzyma gotowe tłumaczenie. Jeżeli użytkownik nie jest w pełni usatysfakcjonowany, może przeprowadzić postędyję, która polega ręcznym wprowadzeniu zmian do wygenerowanego przez sztuczną inteligencję tekstu⁸.

Jednym z najciekawszych narzędzi umożliwiających tłumaczenia jest aplikacja AI o nazwie ChatGPT (*Generative Pre-trained Transformer*), która została nieodpłatnie udostępniona przez amerykańską firmę OpenAI. ChatGPT jest konwersacyjnym chatbotem, opartym na dużych modelach językowych wykorzystujących głębokie uczenie, co oznacza, że korzysta on z algorytmu do zdobywania wiedzy na podstawie danych z sieci oraz umiejętności prognozowania, a także informacji zdobytych podczas rozmów z użytkownikami. Jego zasoby obejmują niemal nieograniczone zbiory danych z całego świata, z wyłączeniem bieżących informacji z Internetu, ponieważ system jest – przynajmniej na razie – zamknięty, ograniczony i zdolny do tworzenia połączeń neuronowych tylko między informacjami, które już posiada. ChatGPT generuje nowe treści w oparciu o zasoby, do których ma dostęp, wykorzystując logiczne połączenia semantyczne i matematyczne prawdopodobieństwo wystąpienia danego słowa w danej sekwencji, dzięki czemu wraz z każdym odświeżeniem konwersacji otrzymujemy unikatową wersję tekstu (Mazurek, 2023). Wszystko to umożliwia szybkie przetworzenie nawet bardzo długich i skomplikowanych tekstów, sprawiając, że wygenerowane w ten sposób tłumaczenia są coraz trudniejsze do odróżnienia od tych tworzonych przez ludzi. Niestety, ChatGPT wciąż popełnia dużo błędów, jednak potrafi na ich podstawie wyciągać wnioski, które pozwalają mu na stałe ulepszanie jakości świadczonych usług.

Przyglądając się tłumaczeniom, które są dziełem człowieka, można zauważyć kilka istotnych różnic. *Romeo i Julia* Williama Szekspira zawiera 71 750 słów⁹. Przy średnim tempie czytania, które wynosi 250 słów na minutę, przeczytanie tego dramatu zajmie więc przeciętnemu czytelnikowi około 4 godzin i 47 minut¹⁰. To dopiero początek, gdyż sam proces tłumaczenia najprawdopodobniej zajmie wiele tygodni, a znalezienie ekwiwalentów tłumaczeniowych, które pozwolą oddać właściwy sens oraz klimat dzieła, będzie wymagać żmudnych poszukiwań i konsultacji z bardziej doświadczonymi tłumaczami. Agnieszka Romanowska, polska badaczka zajmująca się przekładem dzieł Szekspira,

8 J. Markiewicz, *Postędyja tłumaczeń maszynowych – na czym polega?* NativeWriter, online. <https://nativewriter.pl/postedycja-tlumaczen/> [dostęp: 13.02.2025].

9 Reading Length, *How fast can you read Shakespeare's Romeo and Juliet*, online. <https://www.readinglength.com/book/B6P9LKS> [dostęp: 12.02.2025].

10 Y. Sagrado, *How Long Does AI Take to Translate 1,000 Words?* online. <https://www.keywordsstudios.com/en/about-us/news-events/news/how-long-does-ai-take-to-translate-1000-words/> [dostęp: 12.02.2025].

zwraca uwagę na kreatywność, jaką muszą wykazać się tłumacze, aby tekst był spójny, zachował pierwotny sens oraz strukturę. Mimo iż proces ten nie należy do najłatwiejszych, zdecydowanie podnosi jakość i wartość całego przekładu (Romanowska, 2017).

Dla porównania, wyspecjalizowany silnik sztucznej inteligencji do tłumaczenia maszynowego może obecnie przetłumaczyć 1000 słów w mniej niż 5 minut, podczas gdy ChatGPT może to zrobić znacznie krócej niż w minutę¹¹, co daje nam około 72 minut na przetłumaczenie *Romea i Julii* w całości. Zakładając, że tłumacz przekładałby tekst przez całą dobę, 7 dni w tygodniu przez cały miesiąc, ChatGPT będzie wciąż około 550 razy szybszy. Warto podkreślić, że liczby te nie uwzględniają czasu potrzebnego na postędy wygenerowanego tekstu, jednak to nie umniejsza zalet tego rodzaju przekładu. Jak zauważa bowiem Łucja Biel, polska językoznawczyni zajmująca się tłumaczeniami specjalistycznymi, korzyści płynące z tego typu narzędzi to przede wszystkim możliwość zwiększenia wydajności tłumaczy. Dzięki sugestiom tłumaczeń pojawiającym się za sprawą wytrenowanych na danych dziedzinowych silnikach tłumaczeniowych możliwe jest ograniczenie czasu wyszukiwania i weryfikowania terminologii, co nie tylko usprawnia proces przekładu, ale także zwiększa ergonomię pracy tłumaczy (Biel, 2021). Sztuczna inteligencja nie ma sobie równych co do prędkości, nasuwa się jednak pytanie: czy AI jest tak samo skuteczne i dokładne w tłumaczeniu jak człowiek?

3. Porównanie fragmentów *Romea i Julii*

Pierwszym elementem analizy jest porównanie prologu *Romea i Julii* Szekspira oraz przedstawienie różnic między oryginalnym tekstem z 1900 roku a tłumaczeniem wykonanym przez Jana Kasprówicza, jednego z najważniejszych przedstawicieli polskiego modernizmu i Młodej Polski¹², które zostały przedstawione w tabeli 1. Prolog wprowadza nas do historii Kapuletów i Montekich, dwóch skłóconych rodów, których członkowie ostatecznie jednoczą się za sprawą śmierci tytułowej pary kochanków. Przyglądając się oryginałowi i tłumaczeniu Kasprówicza, możemy doszukać się zarówno podobieństw, jak i różnic.

11 LocalTranslate, *Artificial Intelligence vs Human Translation: Pros and Cons*, online. <https://locatetranslate.co.uk/artificial-intelligence-vs-human-translation/> [dostęp: 12.02.2025].

12 Poezja.org, *Jan Kasprówicz – biografia, wiersze, twórczość*, online. https://poezja.org/wz/Jan_Kasprówicz/ [dostęp: 13.02.2025].

Tabela 1. Porównanie oryginału z przekładem autorstwa Jana Kasprowicza

Oryginalne wydanie	Przekład J. Kasprowicza
Two households, both alike in dignity, In fair Verona, where we lay our scene, From ancient grudge break to new mutiny. Where civil blood makes civil hands unclean.	Dwa rody, zacne jednako i sławne Tam, gdzie się rzecz ta rozgrywa, w Weronie, Do nowej zbrodni pchają złości dawne, Plamiąc szlachetną krew szlachetne dłonie.
From forth the fatal loins of these two foes A pair of star-cross'd lovers take their life, Whose misadventur'd piteous overthrows Doth with their death bury their parents' strife.	Z łon tych dwu wrogów wzięło bowiem życie, Pod najstraszliwszą z gwiazd, kochanków dwoje; Po pełnym przygód nieszczęśliwych bycie Śmierć ich stłumiła rodzicielskie boje.
The fearful passage of their death-mark'd love. And the continuance of their parents' rage. Which, but their children's end, nought could remove,	Tej ich miłości przebieg zbyt bolesny I jak się ojców nienawiść nie zmienia, Aż ją zakończy dzieci zgon przedwczesny,
Is now the two hours' traffic of our stage; The which if you with patient ears attend. What here shall miss, our toil shall strive to mend.	Dwugodzinnego treścią przedstawienia, Które otoczenie cierpliwymi względy, Jest w nim co złego, my usuniem błędy.

Źródło: W. Shakespeare, *Romeo and Juliet*, Wydawnictwo New York and Boston H. M. Caldwell Company Publishers, 1900; W. Szekspir, *Romeo i Julia*, przekład J. Kasprowicz, Wydawnictwo Helion, 2015.

Przyglądając się przekładowi Kasprowicza w tabeli 1, można zauważyć, że zdołał on zachować poetycką formę zastosowaną przez Szekspira. Tłumaczowi udało się osiągnąć ten efekt za sprawą zachowania czternastu wersów oraz struktury strof, które dzielą się na dwa tetrastychy oraz dwa tercety. Zachowany został również charakterystyczny dla Szekspirowskich sonetów układ rymów (ABAB CDCD EFEF GG). Rymy A i B pojawiają się w obrębie pierwszych czterech wersów, gdzie padające w pierwszym wersie „dignity” rymuje się z „mutiny” z wersu trzeciego, a „scene” z wersu drugiego rymuje się z „unclean” z wersu czwartego. By ocalić ten układ rymów, Kasprowicz stosuje „sławne” w wersie pierwszym i „dawne” w wersie trzecim oraz „Weronie” z wersu drugiego i „dłonie” z wersu czwartego, tym samym tworząc analogiczny zestaw rymów ABAB. Podobnie dzieje się w pozostałych strofach, gdzie kolejne zestawy rymów pojawiają się naprzemiennie, zarówno w oryginale, jak i tłumaczeniu, na przykład w wersach od ósmego do dziesiątego, gdzie „love” łączy się z „remove”, co niekoniecznie daje rym, jednak „rage” ze „stage”, utrzymują dalej swoją kolejność według wzoru EFEF. Co ciekawe, Kasprowiczowi udało się znaleźć rym dla wersu ósmego i dziesiątego, korzystając z pary słów „bolesny” oraz „przedwczesny” jako E, a także „zmienia” oraz „przedstawienia” jako F, co udowadnia, że czasem to tłumaczenie okazuje się lepsze od oryginału.

Obie wersje podkreślają również motyw przeznaczenia, tragedii i nieuchronności śmierci, zachowując przy tym dramatyczny i uroczysty ton poprzez zastosowane słownictwo, na przykład we fragmencie: „Które otoczenie cierpliwymi względy, / Jest w nim co złego, my usuniem błędy...”, które dzięki wykorzystaniu archaizmów i formalnego języka brzmi niezwykle poetycko. Z drugiej strony, porównując oryginał i tłumaczenie Kasprowicza, dostrzegalne są także różnice. W oryginale pojawia się fragment podkreślający bratobójczy wymiar konfliktu: „civil blood makes civil hands unclean”, co mogłoby zostać przełożone jako „krew sąsiadów brudzi ręce sąsiadów”. Kasprowicz decyduje się przełożyć fragment w sposób następujący: „Plamiąc szlachetną krwią szlachetne dłonie”. Polski tłumacz zdecydował się zrezygnować z dosłownego tłumaczenia słowa „civil”, które zastępuje słowem „szlachetny”, co czyni ton utworu bardziej wzniosłym niż u samego Szekspira. Kolejną różnicą jest zakończenie prologu, w którym końcowe wersy oryginału zachęcają publiczność do cierpliwego słuchania: „The which if you with patient ears attend, What here shall miss, our toil shall strive to mend”. Inaczej Kasprowicz – jego tłumaczenie („Jest w nim co złego, my usuniem błędy...”) daje czytelnikom bardziej bezpośrednią obietnicę poprawy, która nie jest tak wyraźnie zaznaczona w oryginale.

Tabela 2. Porównanie oryginału z przekładem wygenerowanym przez ChatGPT

Oryginalne wydanie (1900)	Przekład ChatGPT (2025)
Two households, both alike in dignity, In fair Verona, where we lay our scene, From ancient grudge break to new mutiny. Where civil blood makes civil hands unclean.	Dwa domy, podobne w swej godności W pięknej Weronie, gdzie akcja ma miejsce, Z dawnej nienawiści wybucha nowa rebelia Gdzie ludzkie krwi splamią ludzkie dłonie
From forth the fatal loins of these two foes A pair of star-cross'd lovers take their life, Whose misadventur'd piteous overthrows Doth with their death bury their parents' strife.	Z fatalnych łoż tych dwojga wrogów Para kochanków pod gwiazdami skazana na nieszczęście Której nieszczęśliwe, żalosne upadki Śmiercią ich zrodzoną kończą rodzi-
The fearful passage of their death-mark'd love. And the continuance of their parents' rage. Which, but their children's end, nought could remove,	ców spór Straszliwa droga ich miłości nazna- czona śmiercią I ciągłość gniewu ich rodzi- ców. Który, tylko przez dzieci swych koniec, nic nie mógł usunąć Jest teraz dwugodzinnym przedstawieniem naszej sceny. A jeśli cierpli-
Is now the two hours' traffic of our stage; The which if you with patient ears attend. What here shall miss, our toil shall strive to mend.	wie słuchać będziecie, To czego tu zabraknie, nasza praca postara się naprawić.

Źródło: W. Shakespeare, *Romeo and Juliet*, Wydawnictwo New York and Boston H. M. Caldwell Company Publishers 1900; ChatGPT, online. <https://chatgpt.com/> [dostęp: 3.01.2025].

Kolejnym elementem analizy jest porównanie oryginalnego tekstu Szekspira oraz tłumaczenia wygenerowanego przez ChatGPT. Najwyraźniejsze podobieństwa między oryginałem a przekładem znajdziemy w strukturze utworu, który nadal liczy czternaście wersów. Niestety, przekład wydaje się mniej uporządkowany, co daje wrażenie zlanego w jedną całość tekstu, bez żadnych tercetów oraz tetra-tychów obecnych w oryginale, oraz z całkowitym brakiem podziału na strofy, co może nie tylko utrudnić jego odczytanie. Największym mankamentem tłumaczenia wygenerowanego przez ChatGPT jest zupełny brak rymów, utrzymany w całym tekście. Jak widać w tabeli 2, słowo „godności” z pierwszego wersu zostaje przeciwstawiona „rebelia” z wersu trzeciego, a „miejsce” z wersu drugiego słowu „dłonie” z wersu czwartego. Kolejne wersy także nie przynoszą rymów: słowo „wrogów” ChatGPT łączy z „upadki”, „nieszczęście” ze „spór”, następnie w kolejnych wersach słowo „śmiercią” zostaje zestawiane ze słowem „usunąć” oraz „rodziców” z „sceny”, kończąc na „będziecie” z „naprawić”, które także nie są rymami.

ChatGPT zachował podobną treść – tematy przeznaczenia, konfliktu i tragedii są jasno zarysowane w obu wersjach, a dodatkowo AI w swoim tłumaczeniu stara się uchwycić i zachować uroczysty ton prologu. Widać to wyraźnie w piątym wersie: „From forth the fatal loins of these two foes / A pair of star-cross'd lovers take their life”, które zostaje przełożone na: „Z fatalnych łoży tych dwojga wrogów / Para kochanków pod gwiazdami”. Niestety, w oczy rzucają się zbyt dosłowne tłumaczenia wygenerowane przez ChatGPT, co widać we fragmencie „Which, but their children's end, nought could remove”, który w przekładzie AI brzmi „Który, tylko przez dzieci swych koniec, nic nie mógł usunąć”, co sprawia, że nawet mimo kontekstu zdanie nie dostarczy czytelnikowi informacji koniecznych do zrozumienia utworu. W tekście AI występuje również wiele niepotrzebnych uproszczeń, które zaburzają dramatyczny wydźwięk oryginału. Jednym z takich fragmentów jest zdanie „A pair of star cross'd lovers take their life” oraz wygenerowane tłumaczenie: „Para kochanków pod gwiazdami skazana na nieszczęście”; i choć sens zdania można zrekonstruować, zaproponowane przez ChatGPT sformułowanie jest bardziej niezgrabne niż na przykład „nieszczęśliwi kochankowie” lub „nieszczęśni kochankowie”. Również końcówka prologu ma nieco inny wydźwięk w obu wersjach. Pojawiający się w oryginale wers „The which if you with patient ears attend, What here shall miss, our toil shall strive to mend”, AI przekłada jako „A jeśli cierpliwie słuchać będziecie, To czego tu zabraknie, nasza praca postara się naprawić”. Tłumaczenie AI jest dość dokładne pod kątem znaczeniowym, ale brakuje mu walorów poetyckich. W zdaniu „postara się naprawić” brzmi bardziej jak stwierdzenie pochodzące ze zwyczajnej rozmowy niż wyrafinowanie charakteryzujące utwory Szekspira, co sprawia, że taki przekład nie spełnia funkcji poetyckiej, nie tylko utrudniając czytelnikowi interpretację utworu, ale uniemożliwiając czerpanie przyjemności z lektury.

Wnioski

Podsumowując, tłumaczenie wygenerowane przez sztuczną inteligencję zachowuje podstawowe znaczenie oryginału, ale brakuje mu spójności w treści oraz wyrafinowanego doboru słów Kasprowicza. W tym kontekście warto przywołać słowa Elżbiety Tabakowskiej, polskiej filolożki i badaczki przekładu¹³, która przyglądając się rozwojowi tłumaczeń maszynowych, pisała: „potrzeby «tłumaczenia dwukrotnie tego samego zdania» istotnie nie ma, ponieważ szansa, że zdanie o wystarczająco wysokim stopniu podobieństwa (nie mówiąc już o zdaniu identycznym) znajdzie się w największej nawet bazie, jest bliska zeru” (Tabakowska, 2009). Jej spostrzeżenia można odnieść także do przekładów wygenerowanych przez sztuczną inteligencję, która także bazuje na ogromnych zbiorach danych. Chociaż skutecznie przekazuje samą treść, fragmenty przełożone przez AI przypominają bardziej luźną interpretację niż dopracowane tłumaczenie literackie. Bardziej wyrafinowane podejście wymagałoby zmian w zakresie struktury, zwłaszcza pod kątem rymów. To wszystko sprowadza nas ostatecznie do wniosku, że tłumaczenie Kasprowicza pozostaje wierne utworowi Szekspira właśnie dlatego, że tłumacz podejmuje pewne swobody w strukturze i obrazowaniu, aby zapewnić płynność i poetycką jakość w języku polskim.

Odpowiadając na postawione we wstępie pytanie: „Czy AI jest tak samo skuteczne i dokładne w tłumaczeniu jak ludzie?”, na podstawie powyższego porównania możemy stwierdzić, że mimo imponującej prędkości generowania przekładów, AI musi się jeszcze wiele nauczyć, żeby móc konkurować z tłumaczami. ChatGPT jest przydatnym narzędziem, które możemy stosować w życiu codziennym, jednak powinniśmy zachować ostrożność. Sztuczna inteligencja przekazuje tłumaczenia w skali 60–90% dokładności i jest podatna na błędy¹⁴, gdyż nie sprawdza poprawności tekstu po wygenerowaniu, co sprawia, że korzystanie z takich tłumaczeń może być ryzykowne. Mówiąc o bardziej wymagających i formalnych tekstach, lepiej zostawić je profesjonalistom z wieloletni stażem i doświadczeniem.

Przyglądając się tempu, w jakim sztuczna inteligencja się rozwija, zarzuty stawiane jej obecnie mogą wkrótce stać się nieaktualne. W takim przypadku tłumacze powinni spróbować uczynić AI częścią swojego arsenału, co również sugeruje Europejska Rada Stowarzyszeń Tłumaczy Literatury, która 15 listopada 2023 roku opublikowała oświadczenie w sprawie wykorzystania sztucznej inteligencji¹⁵.

13 Wydawnictwo Austeria, Eseje, Rozmowy, Biografie. online: <https://austeria.pl/produkt/sara-irena-elzbieta/> [dostęp: 14.02.2025].

14 Polski Instytut Ekonomiczny, Sztuczna inteligencja również się myli. Przeszarżane lub niekompletne dane powodują błędy. online: <https://300gospodarka.pl/news/sztuczna-inteligencja-rowniez-sie-myli-przeszarzane-lub-niekompletne-dane-powoduja-bledy> [dostęp: 14.02.2025].

15 Stowarzyszenie Tłumaczy Literatury, Oświadczenie CEATL w sprawie wykorzystania sztucznej inteligencji. online: <https://stl.org.pl/oswiadczenie-ceatl-w-sprawie-wykorzystania-sztucznej-inteligencji/> [dostęp: 12.02.2025].

Członkowie Rady podkreślają, że to dalej tłumacze powinni brać odpowiedzialność za swoją pracę i wykonywać ją w większości samodzielnie, jednak Rada dostrzega potencjał AI, podkreślając, że korzystanie ze sztucznej inteligencji w procesie przygotowywania przekładu nie tylko ułatwiłoby i przyspieszyło tłumaczom pracę, ale także podniosłoby jakość samych przekładów. W świetle dynamicznych zmian zachodzących w świecie technologii konieczne jest analizowanie sposobów, w jakie AI generuje przekłady, gdyż wciąż ewoluujące rozumowanie znacznie różni się od naszego i może stanowić dla tłumaczy ważne źródło inspiracji.

Bibliografia

- Biel, Ł. (2021). Postedycja tłumaczeń maszynowych. *Lingua Legis*, 29: 11–34.
- Gibilisco, S. (1994). *The McGraw-Hill Illustrated Encyclopedia of Robotics & Artificial Intelligence*. The McGraw-Hill.
- Mazurek, G. (2023). Sztuczna inteligencja, prawo i etyka. *Krytyka Prawa. Niezależne Studia nad Prawem*, 15(1).
- Romanowska, A. (2017). *Za głosem tłumacza: Szekspir Iwaszkiewicza, Miłosza i Gałczyńskiego*. Uniwersytet Jagielloński.
- Shakespeare, W. (1900). *Romeo and Juliet*. New York and Boston H. M. Caldwell Company Publishers.
- Szekspir, W. (2015). *Romeo i Julia*, przekład J. Kasprowicz. Wydawnictwo Helion.
- Tabakowska, E. (2009). *Tłumacząc się z tłumaczenia*. Wydawnictwo Znak.

Źródła internetowe

- Biuro Tłumaczeń Translax, *Historia tłumaczenia w pigułce*. <https://translax.eu/blog/historia-tlumaczenia-pigulce/> [dostęp: 12.02.2025].
- Bort, J., *Bez Google'a, bez Netfliksa, bez iPhone'a. Jak wyglądała technologia w 1994 roku*. <https://businessinsider.com.pl/technologie/nowe-technologie/postep-technologiczny-od-lat-90-do-teraz/ztrlvm5> [dostęp: 12.02.2025].
- ChatGPT. <https://chatgpt.com/> [dostęp: 3.01.2025].
- Diunagroup, *Czym jest pamięć tłumaczeniowa?*. <https://diuna.biz/czym-jest-pamiec-tlumaczeniowa/> [dostęp: 13.02.2025].
- <https://austeria.pl/produkt/sara-irena-elzbieta/> [dostęp: 14.02.2025].
- <https://przemyslprzyszlosci.gov.pl/etyka-w-sztucznej-inteligencji-jak-zapewnic-ze-ai-bedzie-sluzyc-dobru-ludzkości> [dostęp: 14.02.2025].
- Kamiński, Ł., *Rozwój technologii XXI wieku*. Netkreator. <https://internetgrudziadz.pl/rozwój-technologii-xxi-wieku/> [dostęp: 13.02.2025].
- LocalTranslate, *Artificial Intelligence vs Human Translation: Pros and Cons*. <https://locate-translate.co.uk/artificial-intelligence-vs-human-translation/> [dostęp: 12.02.2025].

- Markiewicz, J., *Postędyca tłumaczeń maszynowych – na czym polega?*, NativeWriter. <https://nativewriter.pl/postedycja-tlumaczen/> [dostęp: 13.02.2025].
- Poezja.org, *Jan Kasprówic – biografia, wiersze, twórczość*. https://poezja.org/wz/Jan_Kasprówic/ [dostęp: 13.02.2025].
- Polski Instytut Ekonomiczny, *Sztuczna inteligencja również się myli. Przeszarzałe lub niekompletne dane powodują błędy*, online. <https://300gospodarka.pl/news/sztuczna-inteligencja-rowniez-sie-myli-przeszarzale-lub-niekompletne-dane-powoduja-bledy> [dostęp: 14.02.2025].
- Reading Length, *How fast can you read Sheakespeare's Romeo and Juliet*. <https://www.readinglength.com/book/B6P9LKS> [dostęp: 12.02.2025].
- Sagrado, Y., *How Long Does AI Take to Translate 1,000 Words?* <https://www.keywordsstudios.com/en/about-us/news-events/news/how-long-does-ai-take-to-translate-1000-words/> [dostęp: 12.02.2025].
- Skrzek, K., *Etyka w sztucznej inteligencji: jak zapewnić, że AI będzie służyć dobru ludzkości? Platforma Przemysłu Przyszłości*.
- Stowarzyszenie Tłumaczy Literatury, *Oświadczenie CEATL w sprawie wykorzystania sztucznej inteligencji*. <https://stl.org.pl/oswiadczenie-ceatl-w-sprawie-wykorzystania-sztucznej-inteligencji/> [dostęp: 12.02.2025].
- TKTranslate, *Oprogramowanie CAT, czyli narzędzia wspomagające pracę tłumacza*. <https://www.tktranslate.pl/oprogramowanie-cat-czyli-narzedzia-wspomagajace-prace-tlumacza/> [dostęp: 12.02.2025].
- Wydawnictwo Austeria, *Eseje, Rozmowy, Biografie*. <https://austeria.pl/produkt/sara-irena-el-zbieta/> [dostęp: 14.02.2025].

Tłumaczeniowy dar Michała Wojnarowskiego. Analiza fragmentów przekładów melicznych wybranych piosenek z filmu *Zapłątani*

Streszczenie

Niniejsza praca poświęcona jest przedstawieniu wyzwań, z jakimi zмага się tłumacz tworzący przekłady audiowizualne, wśród których szczególną grupą są przekłady meliczne, opierające się na tłumaczeniu utworów muzycznych. Na podstawie analizy utworów z filmu i serialu *Zapłątani* oraz ich tłumaczenia autorstwa Michała Wojnarowskiego opisano kluczowe aspekty prawidłowego tłumaczenia piosenek.

Słowa kluczowe: tłumaczenie, Michał Wojnarowski, *Zapłątani*, *Zapłątani: Serial*

1 Studentka Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej

Wstęp

Tłumaczenie łączy ludzi. Przedmioty przekładu są dobrem uniwersalnym i własnością społeczności międzynarodowej. James St. André metaforycznie określił proces powstawania tłumaczenia jako tworzenie pomostu międzykulturowego, przez który przechodzą słowa, przekształcane w ich nową interpretację w innym języku (André, 2011: 84). Eugene Nida określił ten proces w następujący sposób: „Tłumaczenie polega na odtworzeniu w języku przekładu komunikatu zawartego w języku źródłowym za pomocą najbliższego i najbardziej naturalnego odpowiednika, nade wszystko w odniesieniu do sensu, następnie odnośnie do stylu (Taber, Nida, 1971: 11). Roman Jakobson, językoznawca i teoretyk literatury, wyróżnił trzy różne typy przekładu w zależności od relacji, jakie panują między tekstem źródłowym a docelowym (Jakobson, 1959: 233). Są to:

1. **Tłumaczenie interlingwalne**, czyli międzyjęzykowe. Zakłada tłumaczenie z jednego języka na drugi, np. „The Sun shines” na „Słońce świeci”;
2. **Tłumaczenie intralingwalne**, czyli tłumaczenie w obrębie tego samego języka. Upraszcza ono tekst poprzez parafrazę, np. zastąpienie słowa „pneumonia” prostszym „zapaleniem płuc”;
3. **Tłumaczenie intersemiotyczne** jest interpretacją znaków werbalnych za pomocą znaków niewerbalnych, np. alfabet Morse’a (Jakobson, 1959: 233).

Zestawienie Jakobsona nie uwzględnia szczególnego rodzaju tłumaczenia, jakim jest przekład meliczny, czyli tłumaczenie utworu literacko-muzycznego, które jest jednym z największych wyzwań w przekładzie audiowizualnym. Podczas gdy wierność oryginałowi pod kątem formy i treści jest ważna w większości rodzajów tłumaczeń, kluczem do poprawnego przełożenia utworu muzycznego jest przeniesienie uwagi tłumacza ze słów na dźwięki (Proczkowska, 2018: 200). Naturalne jest więc, że ten typ przekładu wymaga od tłumacza także kompetencji pozajęzykowych, gdyż oprócz właściwego doboru słów należy uwzględnić miarę muzyczną, czyli jednostkę czasu w utworze o określonej liczbie uderzeń, która wyznacza jego rytm (Brunotts, 2023), oraz właściwe rozmieszczenie akcentów, tak by rymy uwydatniały te same sylaby².

Z tych wyzwań doskonale zdaje sobie sprawę Michał Wojnarowski, kierownik literacki Teatru Muzycznego Roma³, a wcześniej wieloletni dyrektor artystyczny w The Walt Disney Company, który specjalizuje się w tłumaczeniu piosenek filmowych i musicalowych. Polski tłumacz zaznacza, że w trakcie przygotowywania przekładu melicznego kluczowa jest wiedza na temat różnic występujących między tłumaczonymi językami. Angielskie zdania mają prostszą strukturę i o wiele więcej jednosylabowych słów, a rzeczowniki nie odmieniają się przez przypadki,

2 Akcent, *Słownik języka polskiego PWN*.

3 Teatr Roma, Michał Wojnarowski, <https://www.teatrroma.pl/aktor/michal-wojnarowski/>.

jednak tłumacze zajmujący się przekładem melicznym powinni zwrócić baczną uwagę zwłaszcza na kwestię naturalności rymów. Wojnarowski trafnie zauważa, że podczas kiedy w języku angielskim występuje wiele słów jednosylabowych tworzących rymy męskie, czyli takich, gdzie rymują się ostatnie sylaby wersu, które dodatkowo są akcentowane⁴ (np. *deep – keep, run – fun*), w języku polskim takich słów, a więc i naturalnych rymów męskich, jest dużo mniej. Polski ma natomiast więcej rymów żeńskich, czyli takich, gdzie rymują się dwie sylaby, a akcent pada wtedy na przedostatnią⁵ (np. *beauty – duty, głowa – słowa*). Usiłując wprowadzić rymy żeńskie na miejsce męskich podczas procesu przekładu, można doprowadzić do hiperkataleksji⁶, czyli dodania nieakcentowanej sylaby na końcu wersu zbudowanego z jambów⁷, w którym sylaby akcentowane i nieakcentowane występują naprzemiennie. Może to zaburzyć oryginalny rytm utworu, co w przypadku tłumaczenia piosenek utrudnia dopasowanie tekstu do melodii (Kaźmierczak, 2012: 2).

Co więcej, obok świadomości językowej, kluczowy jest słuch muzyczny. Wojnarowski zaznacza: „Tłumacz może nawet sobie czasem nie zdawać sprawy z korelacji polskich zbitek spółgłoskowych z tempem metronomowym. Posiadanie choćby podstaw wykształcenia muzycznego na pewno bardzo w tej pracy pomaga”⁸. Tempo metronomowe pomaga określić regularność, z jaką grany jest utwór i wyczuć, kiedy artysta zwalnia lub przyspiesza. Liczy się je w „BPM” (*Beats per minutes*), czyli uderzeniach na minutę⁹. W praktyce tłumaczenie muzyczne nie opiera się jedynie na przekładzie słów, ale także zachowaniu odpowiedniego brzmienia, co wymaga dobrego wyczucia rytmu i dlatego doświadczenie muzyczne gra istotną rolę w tłumaczeniach melicznych.

1. *Zaplątani* – czy polska wersja oddaje ducha oryginału?

Zaplątani (oryg. *Tangled*) jest filmem animowanym z 2010 roku w reżyserii Nathana Greno i Byrona Howarda, który został wyprodukowany przy współpracy Walt Disney Animation Studios i Walt Disney Pictures¹⁰. Animacja jest zaproszeniem widza do magicznego świata Roszpunkki, dziewczyny, której kilkudziesięciometrowe blond włosy przejawiały magiczne właściwości. Niestety, okazały się również źródłem kłopotów. Gertruda, starsza kobieta, która desperacko pragnęła

4 Rym męski i rym żeński, *Słownik języka polskiego PWN*.

5 Tamże.

6 Hiperkataleksa, *Słownik języka polskiego PWN*.

7 Jamb, *Słownik języka polskiego PWN*.

8 Fragment pochodzi z prywatnej korespondencji z Michałem Wojnarowskim.

9 P. Tadrzyński, *Metronom – Jak Stosować*, data publ. 15.04.2020. <https://muzycznelekcje.pl/metronom-jak-stosowac/> [dostęp: 16.02.2025].

10 *Zaplątani*, reż. N. Greno, B. Howard, USA 2010.

zatrzymać młodość i urodę, odkryła, że to właśnie włosy Roszpunki pozwalają na zatrzymanie procesu starzenia się i zdecydowała się uwięzić dziewczynę w pozbawionej schodów i drzwi wieży.

Wyzwanie przetłumaczenia *Zaplątanych* przyjął właśnie Michał Wojnarowski, który odpowiadał za przekład piosenek, podczas gdy partie dialogowe przełożył polski dialogista – Jan Wecsile¹¹. Z dziewięciu utworów muzycznych piosenką, która być może najlepiej obrazuje wyzwania, przed jakimi staje tłumacz, jest „When will my life begin” utworzone przez znanych dla Disneya kompozytora Alana Menkena¹² i tekściarza Glenna Slatera¹³, które w polskim przekładzie pojawia się jako „Nowe Dni”.

Tabela 1. Fragment tłumaczenia piosenki „When will my life begin”

Tekst oryginalny (2010)	Tłumaczenie Wojnarowskiego (2010)
And I'll reread the books	Już czytać nie ma co
If I have time to spare	na pamięć wszystko znam
I'll paint the walls some more	Malować nie ma gdzie
I'm sure there's room somewhere	nie widzę białych plam,
And then I'll brush and brush	A potem włosy, włosy
And brush and brush my hair	póki siłę mam
Stuck in the same place I've always been	Od lat w tej wieży zamkniętych drzwi

Źródło: <https://lyrics.lyricfind.com/lyrics/mandy-moore-when-will-my-life-begin>, <https://lyrics.lyricfind.com/lyrics/kasia-popowska-nowe-dni> [dostęp: 16.02.2025].

Przyglądając się fragmentowi piosenki zamieszczonemu w tabeli 1, można dostrzec, że odbiega ona od oryginału. Swoboda cechująca wybory Wojnarowskiego jest kluczową umiejętnością, którą musi wykształcić tłumacz, bowiem, jak zauważa polski filolog Jerzy Jarniewicz (Jarniewicz, 2018: 15): „Przekład nie tyle jest, ile musi być twórczością. Nie ma szans na dobry przekład, gdy tłumaczowi brak odwagi i kompetencji, by po mowie, na którą przekłada, swobodnie się poruszać, i by poruszać, równie swobodnie, tę mowę, gdzie i kiedy trzeba”. Sigmund również wierność oryginału wymienia na samym końcu wśród rzeczy ważnych (Spaeth, 1915: 296–297) podczas tłumaczenia. Należy pamiętać także, że wiele filmów jest bogato nacechowanych kulturowo i odbiór

11 Dubbingpedia, https://dubbingpedia.pl/wiki/Jan_Jakub_Wecsile [dostęp: 14.02.2025].

12 Alan Menken, biografia. <https://www.alanmenken.com/biography> [dostęp: 14.02.2025].

13 Noder.dk, Alan Menken, Glenn Slater. <https://www.noder.dk/alan-menken-glenn-slater-tangled-full-score.html?srsltid=AfmBOop8XpM5BVjzvmq37rqK9VOa1EH-YX1LRH1TaJ3JKCNct5zfOSzT> [dostęp: 15.02.2025].

ich poza granicami państwa może być co najmniej niezrozumiały. Dlatego też tłumacz nie tyle musi przetłumaczyć tekst, lecz stworzyć go na nowo. Tekst źródłowy jest inspiracją, a on tworzy swoją adaptację.

„Stuck in the same place I’ve always been” zostało przełożone przez Wojnarowskiego jako „Od lat w tej wieży zamkniętych drzwi”, co jest niezwykle interesującym zabiegiem. Dodanie „wieży” w miejsce hiperonimicznego „miejsca” nie jest decyzją przypadkową. Dosłowne tłumaczenie mogłoby brzmieć „Uwięziona w miejscu, w którym od zawsze byłam”, jednak uszczegółowienie tłumaczenia pozwala na zachowanie 10 sylab w obu wersjach, co z kolei umożliwia utrzymanie tej samej melodii. Co więcej, zastosowanie uszczegółowienia podkreśla kluczowy obraz „zamkniętych drzwi”, co uwypukla fakt, iż Roszpunka jest przetrzymywana w wieży wbrew swej woli. Wojnarowski skutecznie zachował rytm i melodię utworu, gdyż użył wielu rymów męskich (np. *znam – płam – mam*) podczas kiedy w angielskiej wersji tych rymów jest mniej (np. *spare – somewhere – hair*), ale kosztem większej swobody interpretacyjnej, co się przełożyło na dosłowność samej piosenki. Porównując oryginał i tłumaczenie Wojnarowskiego z tabeli 1, można zauważyć, że nie tylko forma, ale także sam sposób przedstawienia głównej bohaterki ulega zmianie.

Tekst źródłowy wyraźnie sugeruje, że dziewczyna jest optymistką i mimo niedogodności stara się dalej nadać sens swojemu życiu i znaleźć inspirującą ją zajęcie – ponownie zanurzy się w świecie literatury, poszuka miejsc na nowe dzieła sztuki, a także będzie pielęgnować swoje włosy. Tłumaczenie zaproponowane przez Wojnarowskiego znacznie bardziej uwypukla negatywne aspekty doświadczenia Roszpunki – bohaterka *Zaplątanych* uważa, że zna już wszystkie książki na pamięć, jej ściany są już pełne malunków – nawet dbanie o włosy jawi się jako czynność wymagająca dużego nakładu sił. Polski widz otrzymuje postać bardziej sfrustrowaną i zmęczoną monotonią swojego życia. Zostało to bardziej zaakcentowane, niż wewnętrzna siła i motywacja Roszpunki do podejmowania codziennych wyzwań. Można powiedzieć, że Wojnarowski poprzez swoje tłumaczenie nadał nowy rys osobowości postaci – sprawił, że wydaje się bardziej świadoma sytuacji, w jakiej się znajduje, a emocje, jakie jej towarzyszą, nie są tak pozytywne jak jej pierwowzoru, co czyni ją samą bardziej wielowymiarową bohaterką.

2. Stworzyć coś lepszego

Film *Zaplątani* doczekał się midquela w postaci *Zaplątani: Serial* (*Tangled: The Series*), którego akcja rozgrywa się przed filmowym epilogiem, dzięki czemu widz ma szansę zobaczyć, jak Roszpunka poznaje siebie i otaczający ją świat po latach życia w zamknięciu. Serial został wyreżyserowany przez Toma Caulfielda i Stephena Sandovala, ale tak jak innych animowanych seriali, dystrybucją zajął się Disney

Television Animation¹⁴ i Mercury Filmworks¹⁵. Polski widz ma szansę zaznajomić się z serialem dzięki Piotrowi Lenarczykowi¹⁶, który przełożył partie dialogowe, oraz Michałowi Wojnarowskiemu, który podjął wyzwanie przełożenia aż 32 utworów muzycznych. Akcja animacji osnuta jest wokół tajemnicy magicznych włosów Roszpunki, która wciąż się nie rozwiązała – bohaterka musi wyruszyć w podróż, która odpowie jej na długo wyczekiwane pytania.

Przedmiotem kolejnej analizy będzie fragment utworu „Ready as I’ll ever be”, który został zamieszczony w tabeli 2. Jest on poświęcony przygotowaniom do bitwy ostatecznej, kiedy to matka Roszpunki, królowa Arianna, zostaje porwana. Sytuacja ta ma niebagatelne znaczenie dla głównej bohaterki, gdyż jej ojciec, obawiając się, że porywacze zapragną magicznych włosów córki, na nowo chce ją pozbawić wolności. Tym razem Roszpunka ma szansę udowodnić swoją sprawczość i pokazać, że potrafi zawalczyć nie tylko o siebie, ale i o bliskich. Występują tutaj partie tekstu śpiewane przez chórki, które nadają piosence niezwykle patetycznego stylu. Warto jednak zauważyć, że podobnie jak w przypadku tłumaczeń pojawiających się w filmie, polski przekład znacząco odbiega od oryginalnego tekstu autorstwa Glena Slatera¹⁷ i Alana Menkena¹⁸.

Tabela 2. Fragment tłumaczenia piosenki „Ready as I’ll ever be”

Tekst oryginalny (2018)	Tłumaczenie Wojnarowskiego (2018)
Now it's time to redeem	Teraz życie lub śmierć
Or it's time to resolve	Teraz piekło lub raj
And the outcome will hardly come free	I niech dzieje się, co ma się dziać
Now the line's in the sand	Nie zatrzyma nic nas
And our moment's at hand	Oto nadszedł ten czas

Źródło: <https://genius.com/Jeremy-jordan-eden-espinosa-zachary-levi-mandy-moore-julie-bowen-clancy-brown-and-cast-tangled-ready-as-ill-ever-be-lyrics>; <https://lyrics.lyricfind.com/lyrics/marcin-franc-dzisiaj-na-wszystko-mnie-stac> [dostęp: 16.02.2025].

W oryginale bohaterowie śpiewają o odkupieniu („redeem”) i rozwiązaniu („resolve”), które niosą podwójne znaczenie. Pierwsze jest moralne, gdyż król Fryderyk i Roszpunka muszą zdecydować, jaki jest ich stosunek do porywacza,

14 IMDb, *Tangled: The Series*. <https://www.imdb.com/title/tt4902964/> [dostęp: 15.02.2025].

15 Mercury Filmworks, Rapunzel's Tangled Adventure. <https://mercuryfilmworks.com/work/rapunzels-tangled-adventure/> [dostęp: 15.02.2025].

16 Dubbingpedia, Piotr Lenarczyk. https://dubbingpedia.pl/wiki/Piotr_Lenarczyk [dostęp: 15.02.2025].

17 Noder.dk, Alan Menken, Glenn Slater. <https://www.noder.dk/alan-menken-glenn-slater-tangled-full-score.html?srsltid=AfmBOop8XpM5BVjzvmq37rqK9VOa1EH-YX1LRH1TaJ3JKNCt5zfOSzT> [dostęp: 15.02.2025].

18 Alan Menken, biografia. <https://www.alanmenken.com/biography> [dostęp: 14.02.2025].

jednocześnie biorąc pod uwagę jego motywacje. Okazuje się nim być dziecko, które przeżywa stratę ojca i czuje, że jest to wina zaniechania królestwa. Drugie znaczenie jest strategiczne, gdyż bohaterowie muszą zdecydować, jakie środki podejmą w kierunku walki, co zaważy na ich przyszłości. W porównaniu do oryginału tłumaczenie Wojnarowskiego wzbogacone jest o słowa odnoszące się do momentów zdecydowanie bardziej dramatycznych. Poruszenie kwestii życia i śmierci oraz piekła i raju przekłada się na silniejsze zabarwienie emocjonalne tych komunikatów, a co za tym idzie – także silniejszą odpowiedź emocjonalną widza. Ponadto warto zauważyć subtelny zmianę znaczenia w trzeciej linijce tekstu – oryginalna wersja wskazuje, że o wyniku końcowym przeważą poświęcenie lub zapłata, natomiast w tłumaczeniu „I niech dzieje się, co ma się dziać” pojawia się element fatalizmu – wynik zależy od losu, a nie od działań bohaterów. Kolejny, czwarty wers początkowo wyznaczający granicę, rysując linię na piasku, został przełożony na tłum idący przed siebie, zmierzający do swojego celu. Tekst źródłowy pozostawia także przestrzeń do interpretacji (odkupienie w wymiarze duchowym, ale także społecznym), a tłumaczenie kładzie nacisk na ostateczność wyboru i nieuchronność przeznaczenia.

Pod względem strukturalnym warto zauważyć, że Wojnarowski nie był w stanie oddać powtórzenia „Now” w pierwszej i czwartej linijce. Oryginał wykorzystuje anaforę („Now it's time... Now the line's in the sand...”), co buduje napięcie i podkreśla nieuchronność chwili. W przekładzie za budowanie tego napięcia służą silne kontrasty („Teraz życie lub śmierć, Teraz piekło lub raj”). Rytm w obu wersjach jest dynamiczny, co podkreśla wagę chwili. Warto także zwrócić uwagę na kwestię rymów – w oryginale występuje rym parzysty („sand” – „hand”), który nadaje tekstowi płynności i melodyjności. Tłumacz zachowuje ten układ, stosując rym „nas” – „czas”, co sprawia, że przekład pozostaje śpiewny i dobrze współgra z muzyką. Znaczeniowo zbliżony do oryginału jest zwłaszcza ostatni wers, wskazujący na kluczowy moment akcji – uratowanie królowej.

Podsumowanie

Tłumaczenie meliczne wymaga precyzji na wielu płaszczyznach, zarówno językowych, jak i artystycznych. Istotna jest zgodność z melodią, akcentami oraz rymami, co często oznacza konieczność większej swobody interpretacyjnej w doborze słów. Tłumacz musi zadbać nie tylko o rytmiczną i dźwiękową spójność tekstu, ale również o to, by utwór pasował do warstwy fabularnej i emocjonalnej dzieła. Dodatkowo o ile trzymanie się źródła nie jest tak istotne, sam Wojnarowski zaznacza: „Ważne, żeby też nie popaść w pułapkę pisania zupełnie nowego tekstu, który bardzo daleko odbiega od podstawowych znaczeń oryginału”¹⁹.

19 Fragment pochodzi z prywatnej korespondencji z Michałem Wojnarowskim.

Tłumaczenie piosenek w filmach animowanych wymaga więc nie tylko precyzyjnego odwzorowania rymów, rytmu i melodii, ale także świadomych decyzji interpretacyjnych, które mogą wpłynąć na odbiór postaci i fabuły. Wojnarowski, poprzez swoje adaptacje, nie tylko dostosowuje teksty do języka polskiego, ale również nadaje bohaterom nieco inny charakter, co pokazuje, jak dużą rolę odgrywa tłumacz w kształtowaniu odbioru dzieła przez widza. Czyni to tłumaczenie utworów muzycznych jednym z największych wyzwań w przekładzie audiowizualnym.

Bibliografia

- André, J.St. (2011). *Metaphors for translation*. University of Manchester.
- Hejwowski, K. (2004). *Kognitywno-komunikatywna teoria przekładu*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Jakobson, R. (1959). On Linguistic Aspects of Translation. W: R. Brower (red.), *On translation* (s. 232–239). Harvard University Press.
- Jarniewicz, J. (2018). *Tłumacz między innymi. Szkice o przekładach, językach i literaturze*. Wydawnictwo Ossolineum.
- Kaźmierczak, M. (2015). *Sensualność w kulturze polskiej, przekład meliczny*. Instytut Badań Literackich PAN.
- Osobista rozmowa autora pracy z Panem Wojnarowskim z dnia 8.02.2025.
- Pieńkos, J. (2003). *Podstawy przekładoznawstwa – od teorii do praktyki*. Wydawnictwo Zakamycze.
- Proczkowska, K. (2018). Tłumaczenie amerykańskich sitcomów: piosenki jako wyzwanie dla tłumacza. *Rocznik Przekładoznawczy*, 13.
- Słownik języka polskiego PWN*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2021.
- Spaeth, S. (1915). Translating to Music. *The Musical Quarterly*, 1(2): 291–298. Oxford University Press.
- Taber, Ch.R., Nida, E.A. (1971). *La traduction: théorie et méthode*. Alliance Biblique Universelle, London.

Netografia

- Brunotts, K., “What is a Measure in Music?”, 10.08.2023. <https://emastered.com/blog/what-is-a-measure-in-music> [dostęp: 14.02.2025].
- Dubbingpedia, Wecsił J. https://dubbingpedia.pl/wiki/Jan_Jakub_Wecsił [dostęp: 14.02.2025].
- IMDb, *Tangled: The Series*. <https://www.imdb.com/title/tt4902964/> [dostęp: 15.02.2025].
- Lenarczyk P., Dubbingpedia. https://dubbingpedia.pl/wiki/Piotr_Lenarczyk [dostęp: 15.02.2025].
- Menken, A.. Biografia. <https://www.alanmenken.com/biography> [dostęp: 14.02.2025].

- Mercury Filmworks, Rapunzel's Tangled Adventure. <https://mercuryfilmworks.com/work/rapunzels-tangled-adventure/> [dostęp: 15.02.2025].
- Moore, M., *When Will My Life Begin?* <https://lyrics.lyricfind.com/lyrics/mandy-moore-when-will-my-life-begin> [dostęp: 16.02.2025].
- Noder.dk, Alan Menken, Glenn Slater. <https://www.noder.dk/alan-menken-glenn-slater-tangled-full-score.html?srsId=AfmBOop8XpM5BVjzvmq37rqK9VOa1EH-YX1LRH-1TaJ3JKNCt5zfOSzT> [dostęp: 15.02.2025].
- Obsada *Tangled, Ready As I'll Ever Be*. <https://genius.com/Jeremy-jordan-eden-espinosa-zachary-levi-mandy-moore-julie-bowen-clancy-brown-and-cast-tangled-ready-as-ill-ever-be-lyrics> [dostęp: 16.02.2025].
- Obsada *Zapłątanych*, „Dzisiaj na wszystko mnie stać”. <https://lyrics.lyricfind.com/lyrics/marcin-franc-dzisiaj-na-wszystko-mnie-stac> [dostęp: 16.02.2025].
- Popowska, K., *Nowe dni*. <https://lyrics.lyricfind.com/lyrics/kasia-popowska-nowe-dni> [dostęp: 16.02.2025].
- Tadrzyński, P., *Metronom – Jak stosować*, data publ. 15.04.2020. <https://muzycznelekcje.pl/metronom-jak-stosowac/> [dostęp: 16.02.2025].
- Teatr Roma, Michał Wojnarowski. <https://www.teatrroma.pl/aktor/michal-wojnarowski/> [dostęp: 12.02.2025].
- Teatr Rozrywki, Michał Wojnarowski. <https://teatr-rozrywki.pl/zespol/tlumacze/223.html?view=team> [dostęp: 12.02.2025].
- Zapłątani*, reż. Nathan Greno, Byron Howard, studio Walt Disney Animation Studios, 2010.
- Zapłątani*: Serial, reż. Tom Caulfield & Stephen Sandoval. Studio Disney Channel, 2017–2020.

Dehumanizacja w procesach społecznych w kontekście teorii Roberta Cialdiniego i sztucznej inteligencji

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono powiązanie dehumanizacji z teorią wywierania wpływu na ludzi Roberta Cialdiniego. Omówiono sposoby wpływania na człowieka w sposób nieświadomy, skutek wykorzystania sześciu zasad perswazji. Nieprawidłowe posługiwanie się nimi może prowadzić do barier i agresji między grupami. Poruszono również temat korzystania ze sztucznej inteligencji w świetle powyższych zasad.

Słowa kluczowe: dehumanizacja, perswazja, wywieranie wpływu na ludzi, Cialdini, sztuczna inteligencja

1 Studentka Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej

Wstęp

Naturalny przebieg ludzkiego życia powinien być kierowany według zasad etycznych. Podważanie praw, ideologii wpływa na stosunek autorytetu, osoby posiadającej władzę na ludzi „postawionych niżej”, skutkując wytworzeniem się zjawiska społecznego zwanego procesem dehumanizacji. „Dehumanizacja [łac.], odczłowieczenie, procesy i zjawiska składające się na układ stosunków społecznych charakteryzujących się zatraceniem wartości humanistycznych czy wręcz humanitarnych”². Jest to proces pozbawiania człowieka praw, wartości, emocji, jak i podmiotowy sposób traktowania go. Odnosi się do teorii Roberta Cialdiniego, który analizował zachowania ludzi pod względem automatycznej reakcji ulegania wpływowi i bezrefleksyjnego poddania się.

Psychologiczny aspekt dehumanizacji

Zjawisko dehumanizacji można interpretować w ujęciu psychologicznym, jako wydzźwięk pozytywny i negatywny. W przypadku oddziaływania pozytywnego pełni funkcję mechanizmu obronnego, pozbawiając uczuć stronę krzywdzącą. Negatywna forma odnosi się do świadomego wyrządzania szkody. Proces ten można odnieść do paradygmatu grupy minimalnej, wyjaśniającego proces faworyzowania własnej grupy kosztem innych, czy też kategoryzacji społecznej, wyróżnienia grupy „my” i „wy”, do porządkowania rzeczywistości według standardów podyktowanych przez osoby posiadające władzę. W procesie dehumanizacji dochodzi do zaburzenia granic aktów behawioralnych, poznawczo-motywacyjnych, burząc stronę psychiczną i fizyczną jednostki. Jest ona uznawana coraz częściej przez psychologów za naturę relacji międzyludzkich. „Jest subtelny i przez to niezwykle zwodniczy charakter ukazują m.in. takie teorie psychologiczne, jak *social identity theory* H. Tajfła i J. Turnera, badania J.P. Leyensa nad esencjonalnym postrzeganiem grup i kategorii społecznych. Tematyka dehumanizacji występuje mniej lub bardziej wyraźnie w wielu obszarach współczesnej psychologii, a szczególne miejsce zajmuje w nurcie badań nad uprzedzeniami i stereotypami” (Citlak, 2015: 14). Za wytworzeniem się tego zjawiska stoi wiele mechanizmów, do których można zaliczyć m.in.: obniżenie poziomu emocji (przejawiającego się pod postacią tzw. znieczulenia wobec krzywdy), znormalizowanie cierpienia, stereotypizację (szybsze, czasami nieprawdziwe wnioski o cechach drugiej strony), uprzedzenia, deindywidualizację, przerzucenie odpowiedzialności, rolę mediów (mogących wpłynąć manipulacją na opinię publiczną), czy też posiadanie władzy. Mechanizmy te znacząco wpływają na decyzje jednostek i grup pod kątem psychologicznym i moralnym. Odwołują się one do manipulacji w celu osiągnięcia zamierzonego celu, nie zważając na aspekty społeczne, co wiąże się ponadto z rozszerzeniem poczucia bezkarności.

2 <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/dehumanizacja;3891367.html> [dostęp: 4.01.2025].

Mechanizmy wywierania wpływu na podstawie teorii Roberta Cialdiniego w świetle sztucznej inteligencji

W kontekście rozwoju procesu dehumanizacji istotną rolę odgrywa teoria wywierania wpływu na ludzi Roberta Cialdiniego. Perswazja to rodzaj wpływu społecznego, który może przybrać formę pośrednią i bezpośrednią. Autor teorii wskazuje na udział w manipulacji zaangażowania opartego na cechach i potrzebach rozmówcy. Zazwyczaj poddana działaniu osoba/grupa nie jest świadoma podjętych środków, dzięki skutecznemu zastosowaniu się do sześciu reguł: zaangażowania i konsekwencji, wzajemności, społecznego dowodu słuszności, autorytetu, lubienia i sympatii, niedostępności. „Z manipulacją mamy do czynienia wówczas, gdy zastosowany przez praktyka wpływu społecznego «wyzwalacz uległości» nie jest naturalnym elementem danej sytuacji, lecz zostaje sfabrykowany” (Cialdini, 2024: 462).

Reguła zaangażowania i konsekwencji

Reguła opowiada się za podjęciem działania przez podmiot, który nie zrezygnuje z niego przez poczucie chęci bycia postrzeganym jako osoba konsekwentna. Istotnym elementem jest działanie reguły, która uruchamia mechanizm psychologiczny zwany zaangażowaniem. To właśnie zaangażowanie pełni rolę wyzwalacza dalszych reakcji i utrwala raz podjęte decyzje. Autorytet może wykorzystać chwilę zawahania, skłaniając jednostkę do podjęcia zaangażowania (utożsamienie się z poglądami modela, zajęcie wymaganego stanowiska), posiadając gotowe podłoże do kierowania automatycznością. Proces dehumanizacji w stosunku do tej reguły ukazuje się w sposób stopniowo rosnący. Na wstępie wykazuje się minimalną niechęcią do konkretnej osoby/grupy, następnie systematycznie proces ten wzrasta pod wpływem pozytywnego nagradzania przez mentora. Jest to trudna postawa do zmiany, gdyż jednostka pragnie utrzymania spójności pierwotnego zachowania w stosunku do autorytetu.

Reguła autorytetu

„Wielopoziomowa i akceptowana hierarchia władzy i autorytetu przynosi społeczeństwu ogromne korzyści. (...) Dlatego od najmłodszych lat jesteśmy uczeni wierzyć, że posłuszeństwo właściwemu autorytetowi jest słuszne, a nieposłuszeństwo – złe. Przekaz ten płynie z pouczeń rodziców, ze szkolnych wierszyków, z bajek i piosenek z dzieciństwa, a w dorosłym życiu – z kodeksów prawnych, wojskowych i politycznych. We wszystkich obszarach przykładą się dużą wagę do wartości, jaką jest posłuszeństwo i lojalność wobec prawowitego autorytetu” (Cialdini, 2024: 226). Z natury człowiek chętniej podąża za osobami wyżej usytuowanymi, z wyższym poziomem wiedzy, uznając je automatycznie za źródło prawdy, stabilizacji.

Chętnie spełniamy oczekiwania autorytetów, ukazujących się jako wzór do naśladowania. Ich działania zaczynamy analizować dopiero po pewnym czasie, kiedy jednostka może zostać już objęta dehumanizacją. Człowiek dorastający w dobie Internetu, gdy pojawiają się u niego problemy natury zdrowotnej, naturalnie sięga po doradztwo sztucznej inteligencji, by na podstawie kilku objawów wskazała, co może dziać się w jego organizmie. Automatycznie sięga on po doradztwo autorytetu, gdyż istnieje zakorzenione przekonanie, że AI rzadko się myli. Osoba pokłada w niej nadzieję, zapominając przy okazji o wykwalifikowanym lekarzu. Gdy zaproponowane sugestie zostaną wcielone w świadomość człowieka, może on narzucać swoje zdanie wobec bliskich czy też opieki medycznej, sugerując, że sam posiada odpowiednią wiedzę na temat jego zdrowia. Jest to ekstremalny przypadek, lecz coraz częściej spotykany.

Reguła społecznego dowodu słuszności

Człowiek znajdujący się w niepewnej sytuacji bez odpowiednich zasobów poznawczych nie ma możliwości wykształcenia w sobie procesu rzetelnego podejmowania decyzji. Właśnie dlatego opiera się na decyzjach większości. Podąża za nimi, uznając za źródło prawdy, gdyż jest ich większość. Sytuacje, gdy osoby, widząc podmiotowe traktowanie ludzi nie reagują, tłumacząc się, że inni również to widzą i nie podejmują żadnych konkretnych działań, prowadzą do rozpowszechniania się procesu dehumanizacji. Reguła ta przejawia się pod postacią obserwacji. Widząc krzywdzące zachowania w stosunku do „niehumanitarnej” grupy, człowiek ten nieświadomie buduje w sobie negatywny pogląd na temat tej konkretnej jednostki, nie biorąc pod uwagę moralności, gdyż zachowanie poparte jest tytułem autorytetu i głosem większości.

Reguła lubienia i sympatii

Pomimo pierwotnego pozytywnego wydźwięku reguły lubienia i sympatii, może ona prowadzić do negatywnego wydźwięku przez niewłaściwe wykorzystanie jej w relacjach interpersonalnych. Ludzie preferują osoby podobne do ich osobowości, sposobu bycia. Darzą ich znacznie większą sympatią. W konsekwencji może to prowadzić do wykluczenia przez różnice kulturowe, sposób wychowania, poglądy religijne. Grupy wykluczone mogą być traktowane jako mniej wartościowe, w sytuacjach ekstremalnych – jako margines społeczny, prowadzący do podmiotowego traktowania wskutek stereotypizacji. Reguła ta w XXI wieku znajduje swoje uzasadnienie w działaniu sztucznej inteligencji, tworzącej bliską więź z osobą po drugiej stronie ekranu. Po długotrwałym wpływie elektroniki osoba może w sobie zatracić granicę między prawdziwym człowiekiem a maszyną. Ponadto przy niewłaściwym wykorzystywaniu tego narzędzia może ona wytwarzać w podświadomości próbę manipulacji, sprowadzającą się do podmiotowego traktowania rozumnej istoty.

Reguła wzajemności

Reguła wzajemności może ujawnić się w procesie dehumanizacji pod postacią nieotrzymywania pozytywnego traktowania, czyli wzajemności. Jednostki mogą być postrzegane jako odrzucone, czasami jako wykluczone przez nieotrzymywanie należytego szacunku. W przypadku depersonalizacji często pojawia się przekonanie, że druga strona nie jest godna wzajemności, co służy jako uzasadnienie dla jej przedmiotowego, pozbawionego empatii traktowania. Zasada wzajemności w obecnych czasach może zostać przełożona na podłoże sztucznej inteligencji. Człowiek pragnący dokonać zakupu na stronie internetowej, zostaje poddany algorytmowi. Proponuje on produkty na podstawie historii wyszukiwania, przypominając klientowi, że w koszyku czekają na niego przedmioty. Na pierwszy rzut oka jest to forma wzajemności, gdyż człowiek automatycznie kieruje się, by sfinalizować zakup, lecz tak naprawdę jest poddawany wpływowi sztucznej inteligencji, jej strategii wywołania poczucia zobowiązania wobec niej.

Reguła niedostępności

Reguła niedostępności prowadzić może do ukazania grupy społecznej jako zagrażającej, niedostępnej. Narastająca stygmatyzacja celowo może pozbawić ludzi pewnych zasobów, praw, zasad moralnych na rzecz wytworzenia się niepewności i chęci odrzucenia przez członków grupy poddanej władzy lidera. Reguła ta odnosi się również do budowania hierarchii społecznej. Osoba wysoko usytuowana, u szczytu władzy, jako pojedyncza jednostka, niedostępna, będzie budzić wśród społeczeństwa poczucie dominacji, postrzeganie jej jako zasługującej na dany przywilej. Reguła niedostępności zestawiona ze sztuczną inteligencją może stworzyć wizualizację zapotrzebowania na deficytowy obiekt. W świetle wyszukiwania materiałów naukowych, przeglądania wywiadów z osobistościami, niektóre treści mogą stać się zablokowane lub trudno dostępne. Jest to forma nieoczywistego wywierania wpływu na człowieka dzięki uczeniu się przez AI preferencji użytkowników. Automatycznie zwiększa to wartość, unikalność, którą człowiek musi od razu posiadać. Społeczeństwo zawęży pole widzenia na jeden konkretny przedmiot, który jest niedostępny. Elementy bezpośrednio m.in. w wyszukiwaniu tracą na popularności pomimo ważnego wydźwięku.

Podsumowanie

Dehumanizacja to proces sprowadzający człowieka do poziomu przedmiotu, pozbawiający go wartości oraz godności. Stosowana jest m.in. w celu osiągnięcia własnych korzyści, nie sugerując się podłożem etycznym. Niezależnie od faktycznego powodu jej zastosowania, należy popatrzeć na dehumanizację z innej perspektywy – że jednak można się bez niej obejść. By ujrzeć taką perspektywę, należy włożyć ogromny wysiłek w edukację przeciw zwalczaniu dehumanizacji, czyli rozszerzeniu

wiedzy na temat wartości, godności i zasad moralnych człowieka. W świetle rozwijającej się sztucznej inteligencji człowiek powinien umieć oddzielić fakty od przesłanek, posiadając świadomość, że niewłaściwe korzystanie z niej może doprowadzić do negatywnych konsekwencji.

Bibliografia

- Batko, A. (2022). *Sztuka perswazji, czyli język wpływu i manipulacji*. Wydawnictwo OnePress.
- Cialdini, R. (2018). *Wywieranie wpływu na ludzi. Teoria i praktyka*. Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Cialdini, R. (2024). *Wywieranie wpływu na ludzi. Psychologia perswazji*. Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Citlak, A. (2015). Dehumanizacja – zaburzenie i patologia czy permanentny stan ludzkiego umysłu? Spojrzenie z perspektywy psychologii poznania społecznego. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 3681, *Studia nad Autorytaryzmem i Totalitaryzmem*, 37(1).
- Heatherton, T.F., Kleck, R.E., Hebl, M.R., & Hull J.G. (Eds.). (2007). *Společna psychologia piętna*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Mitchell, M. (2020). *Artificial Intelligence: A Guide for Thinking Humans*. Penguin Books.
- Wojciszke, B., Grzyb, T. (2019). *Psychologia społeczna*. Wydawnictwo Naukowe Scholar.
- Zimbardo, Ph. (2017). *Efekt Lucyfera*. Wydawnictwo Naukowe PWN.

Netografia

- <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/dehumanizacja;3891367.html> [dostęp: 4.01.2025].
- Michael A. Hogg, John M. Blaylock, *The Role of Social Influence in Group Cohesion and Performance*. https://www.academia.edu/99607124/Social_Psychology_Hogg_and_Vaughan [dostęp: 8.01.2025]

Identyfikacja znaczenia walk *freak fight* wśród młodych osób

Streszczenie

Celem artykułu była identyfikacja znaczenia gal freakfightowych wśród młodych osób. Badania koncentrowały się na analizie zainteresowania tego typu wydarzeniami oraz opinii na ich temat. Zwrócono także uwagę na możliwy wpływ oglądania walk freakfightowych na postawy i zachowania młodzieży. Uzyskane rezultaty mogą stanowić podstawę do dalszych analiz zjawiska w kontekście kultury masowej i sportu.

Słowa kluczowe: *freak fight*, sztuki walki, młodzież, gale sportowe

1 Student Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej

2 Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej

Wstęp

Walki freakfightowe, czyli pojedynki osób o nietypowych warunkach fizycznych, umiejętnościach lub statusie celebryty, znanych głównie z mediów społecznościowych, świata rozrywki czy sportów niezwiązanych ze sztukami walki, zyskały w ostatnich latach ogromną popularność, szczególnie wśród młodzieży, stając się jednym z najpopularniejszych zjawisk współczesnej kultury internetowej (Dyrzcz i in., 2024). Organizowane na szeroką skalę wydarzenia sportowe, transmitowane w telewizji i na platformach streamingowych, przyciągają miliony widzów, generując ogromne zyski oraz budząc liczne kontrowersje. Wydarzenia te, często organizowane przez profesjonalne federacje freakfightowe, angażują celebrytów, influencerów oraz byłych sportowców, którzy w krótkim czasie przechodzą intensywne przygotowania do pojedynków (Kłata, 2023). Choć początkowo traktowane były jako forma kontrowersyjnej rozrywki, obecnie stanowią istotny element kultury popularnej, kształtując wzorce zachowań i postawy młodego pokolenia.

Zjawisko to budzi wiele pytań dotyczących jego wpływu na społeczeństwo, a w szczególności na młodzież, która stanowi znaczną część widowni. Z jednej strony walki freakfightowe promują aktywność fizyczną i zainteresowanie sportami walki, a z drugiej strony ekspozycja na przemoc, nawet w kontekście sportowym, może wpłynąć na normalizację agresywnych zachowań, prowadzić do zniekształcenia postrzegania ryzyka i bezpieczeństwa w kontekście aktywności fizycznej, a także przyczyniać się do powierzchownego podejścia do rywalizacji sportowej, w której istotniejszy jest medialny szum niż rzeczywiste umiejętności zawodników. Szczególną uwagę należy zwrócić na wpływ walk freakfightowych na młodzież w kontekście kształtowania wartości, aspiracji oraz percepcji przemocy. Na związek przemocy w mediach z występowaniem agresywnych zachowań zwracają uwagę liczni autorzy (m.in. Brewer, 2011; Sułkowski, 2006). Ze względu na ogromną popularność influencerów i celebrytów biorących udział w tego rodzaju wydarzeniach, ich postawy i zachowania mogą stanowić wzór do naśladowania dla młodych ludzi (Drożdż, 2008).

W obliczu rosnącej popularności gal freakfightowych, istotnym zagadnieniem badawczym staje się zrozumienie, jak takie wydarzenia wpływają na postawy młodzieży wobec sportu i sztuk walki. Czy tego typu widowiska zachęcają młodych ludzi do aktywnego uczestnictwa w sportach walki, czy też promują bardziej destrukcyjne wzorce zachowań, które mogą odbijać się negatywnie na ich zdrowiu psychicznym i fizycznym?

Przedmiot i cel badań

Przedmiotem niniejszego badania była identyfikacja wpływu gal freakfightowych na młodzież, w szczególności w kontekście postrzegania przez nią sportu, oraz jej preferencji dotyczących aktywności fizycznej. W badaniu uwzględniono zarówno

czynniki wpływające na zainteresowanie młodzieży tymi wydarzeniami, jak i potencjalne konsekwencje ich oglądania na postawy i zachowania młodych ludzi.

Głównym celem badania było zrozumienie mechanizmów, za pomocą których oglądalność gal freakfightowych może wpływać na postrzeganie sportu przez młode osoby oraz na ich preferencje w zakresie aktywności fizycznej. W szczególności badanie miało na celu określenie, czy kontakt z tego rodzaju widowiskami wpływa na zwiększenie zainteresowania sportem, czy też prowadzi jedynie do biernej konsumpcji treści medialnych.

Nota metodologiczna

W badaniu wykorzystano metodę sondażu diagnostycznego, polegającą na statystycznym zbieraniu danych o pewnych zjawiskach. Metoda ta umożliwia opisywanie i wyjaśnianie badanych zjawisk za pomocą statystyk, pozwala także ocenić przyczyny ich występowania oraz skutki (Apanowicz, 2002). Technika badawczą było badanie ankietowe, a narzędziem badawczym kwestionariusz ankiety, złożony z 8 pytań. Badanie przeprowadzono w II kwartale 2024 roku za pośrednictwem serwisu www.webankieta.pl. W badaniu wzięły udział 33 osoby w wieku od 15 do 25 lat, mieszkające na terenie województwa śląskiego. Wybrano tę grupę wiekową, ponieważ młodzi ludzie są szczególnie podatni na wpływy medialne. Ponadto w tym wieku młodzież zaczyna kształtować swoje zainteresowania sportowe i rekreacyjne, co może wpływać na sposób, w jaki reaguje na różne formy rozrywki, w tym kontrowersyjne wydarzenia sportowe. Zdecydowaną większość badanych, bo aż 82%, stanowili mężczyźni.

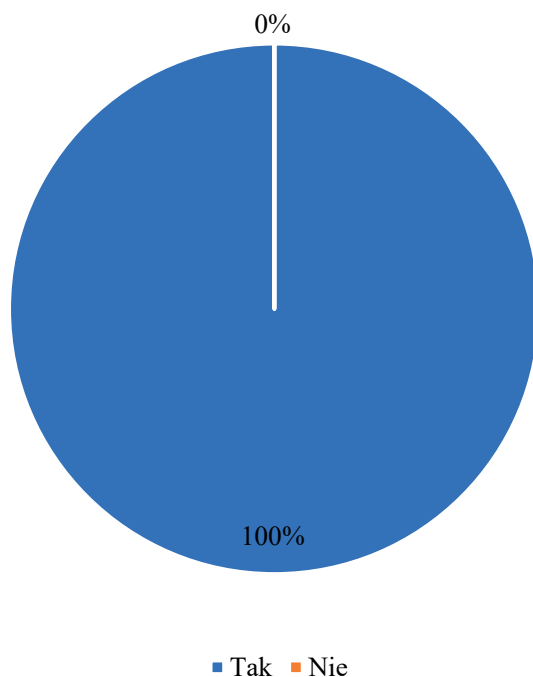
Badanie miało charakter wstępnej analizy wpływu gal freakfightowych na młodzież i może posłużyć jako podstawa do dalszych, bardziej rozbudowanych badań. W przypadku tego typu badań mniejsza próba jest często wystarczająca, aby ocenić zasadność postawionych celów, skuteczność narzędzi badawczych oraz przygotowanie do większych badań.

Analiza i wyniki badań

Przeprowadzone badanie pokazało, że walki freakfightowe są popularne wśród młodzieży z terenu województwa śląskiego. Wszyscy respondenci odpowiedzieli twierdząco na pytanie, czy kiedykolwiek oglądali galę freakfightową. Wskazuje to jednoznacznie na powszechność i dużą popularność tego typu wydarzeń wśród młodzieży, sugeruje, że gale freakfightowe są szeroko dostępne i atrakcyjne dla młodzieży w województwie śląskim. Wynik ten może również wskazywać na silny wpływ mediów i społecznego zainteresowania tymi wydarzeniami.

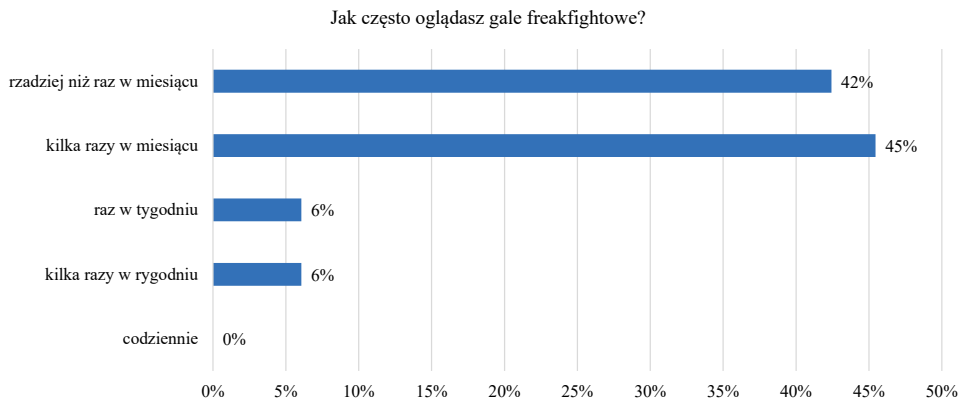
Wykres 1. Oglądalność gal freakfightowych wśród młodzieży

Czy kiedykolwiek oglądałeś/ać galę *freak fight*?



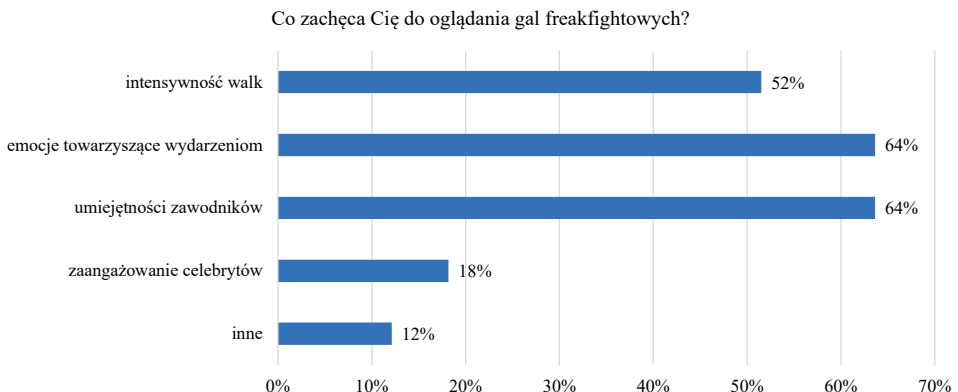
Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Analiza częstotliwości oglądania gal freakfightowych pokazuje, że najwięcej respondentów (45%; $N = 15$), co stanowi niemalże połowę badanej grupy, ogląda te wydarzenia kilka razy w miesiącu. Znaczna liczba respondentów (42%; $N = 14$) deklaruje, że ogląda gale rzadziej niż raz w miesiącu, co sugeruje sporadyczne zainteresowanie. Mniej osób (po 2 respondentów) ogląda gale raz w tygodniu lub kilka razy w tygodniu, natomiast nikt nie ogląda ich codziennie. Wyniki te wskazują, że choć gale freakfightowe są popularne i mają dużą grupę odbiorców, to regularność ich oglądania jest zróżnicowana. Większość młodzieży ogląda te wydarzenia stosunkowo rzadko, co może świadczyć, że gale te stanowią raczej okazjonalną formę rozrywki niż codzienną aktywność.

Wykres 2. Częstotliwość oglądania gal freakfightowych przez młodzież

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

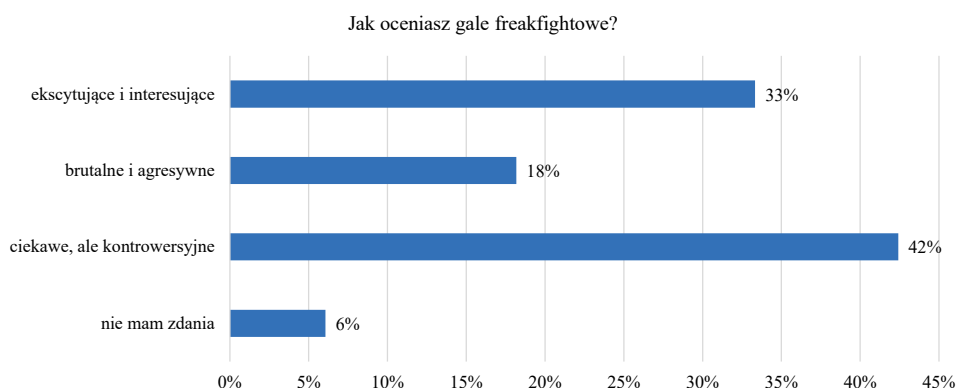
Badanie wykazało, że młodzież najbardziej przyciągają emocje towarzyszące galom (64%; $N = 21$) oraz umiejętności zawodników (64%; $N = 21$), co sugeruje, że wartości estetyczne i emocjonalne odgrywają kluczową rolę w atrakcyjności tych wydarzeń. Intensywność walk również jest ważnym czynnikiem dla ponad połowy badanych (52%, $N = 17$), natomiast mniejsza liczba odpowiedzi na temat zaangażowania celebrytów może sugerować, że dla większości młodzieży obecność znanych osób nie jest głównym motywem oglądania. Odpowiedzi otwarte wskazują na wpływ otoczenia (znajomi) oraz dostępność (niska cena PPV) jako dodatkowe czynniki wpływające na decyzję o oglądaniu gal freakfightowych.

Wykres 3. Czynniki zachęcające młodzież do oglądania gal freakfightowych

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Prawie połowa badanych, choć widzi w galach freakfightowych interesujący element, dostrzega jednocześnie ich kontrowersyjny charakter (42%; $N = 14$). Dla 11 osób (33%) gale te są przede wszystkim ekscytujące i interesujące, co podkreśla ich atrakcyjność jako formy rozrywki. Natomiast 6 osób postrzega je negatywnie, jako brutalne i agresywne, co może odzwierciedlać obawy związane z przemocą prezentowaną podczas tych wydarzeń. Dwie odpowiedzi „nie mam zdania” mogą wskazywać na obojętność tych respondentów lub brak zainteresowania tematem.

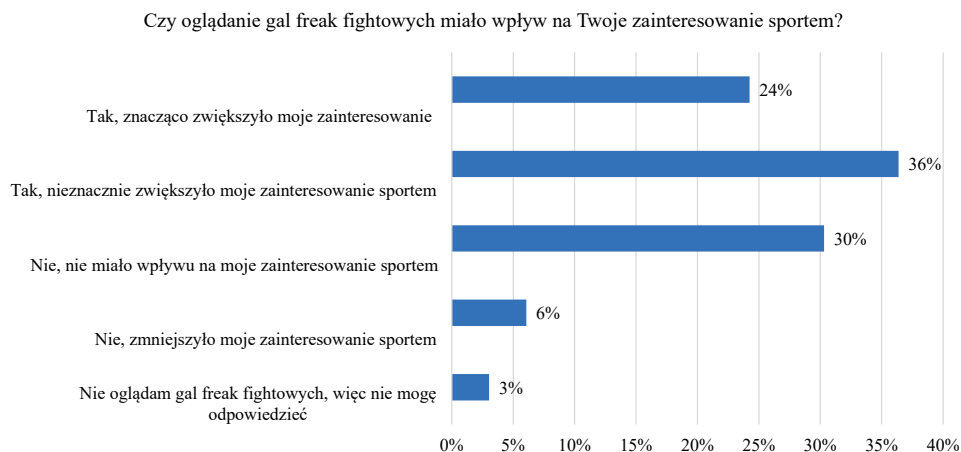
Wykres 4. Postrzeganie gal freakfightowych przez młodzież



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Trzech na pięciu ankietowanych badanych przyznało, że oglądanie gal freakfightowych zwiększyło ich zainteresowanie sportem i aktywnością fizyczną, z czego 24% respondentów oceniło ten wzrost jako znaczący, a 36% jako nieznaczny. To pokazuje, że dla dość dużej grupy młodzieży gale freakfightowe są czynnikiem podnoszącym poziom zainteresowania sportem i zachęcającym do podejmowania aktywności fizycznej, co może być wykorzystywane do promocji sportu, ale jednocześnie mogą nieść ryzyko pojawiania się agresywnych zachowań wśród młodzieży, która będzie się wzorowała na oglądanych w mediach treściach.

Wykres 5. Wpływ gal freakfightowych na zainteresowanie sportem wśród młodzieży



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Prawie wszystkie badane osoby (91%; $N = 30$) dostrzegają potencjalny wpływ gal freakfightowych na zachowania agresywne dzieci i młodzieży, choć wiele z nich (55%; $N = 18$) ma wątpliwości co do stopnia tego wpływu. Tylko niewielka grupa respondentów (9%; $N = 3$) zdecydowanie nie zgadza się z tym, że oglądanie takich wydarzeń może prowadzić do agresji. Takie wyniki sugerują, że ankietowani są świadomi możliwego negatywnego wpływu gal freakfightowych. Jednakże niepewność co do stopnia wpływu wskazuje na potrzebę dalszych badań w celu dokładniejszego zrozumienia tego zjawiska.

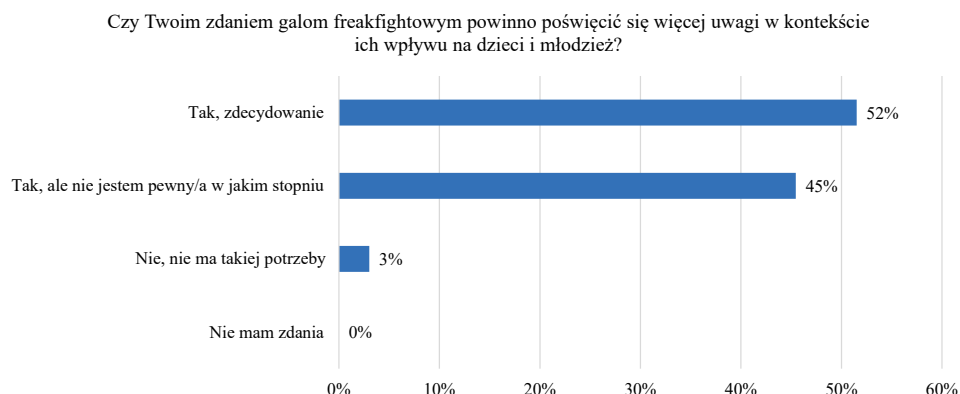
Wykres 6. Wpływ gal freakfightowych na zachowania agresywne wśród dzieci i młodzieży



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Respondenci zdają sobie sprawę z możliwych negatywnych skutków oglądania gal freakfightowych. Niemal jednogłośnie przyznali, że tego typu wydarzeniom sportowym powinno poświęcać się więcej uwagi w kontekście ich wpływu na dzieci i młodzież (97%, $N = 32$), przy czym 15 osób nie jest pewnych, w jakim stopniu. Tylko 1 respondent uważa, że nie powinno poświęcać się temu zjawisku większej uwagi. Takie wyniki wskazują na dużą świadomość młodych osób na temat kształtowania się postaw dzieci i młodzieży na podstawie treści oglądanych w mediach. Odpowiedzi te mogą również świadczyć o niewystarczających działaniach edukacyjnych podejmowanych w szkołach, czy braku programów społecznych w tym zakresie, przez co młodzież odczuwa potrzebę zwiększenia uwagi poświęcanej wpływom agresji w sporcie na młode osoby. Takie wyniki skłaniają do refleksji, że konieczne jest podjęcie pogłębionych badań nad tym zjawiskiem, ponieważ sama młodzież sygnalizuje tego potrzebę.

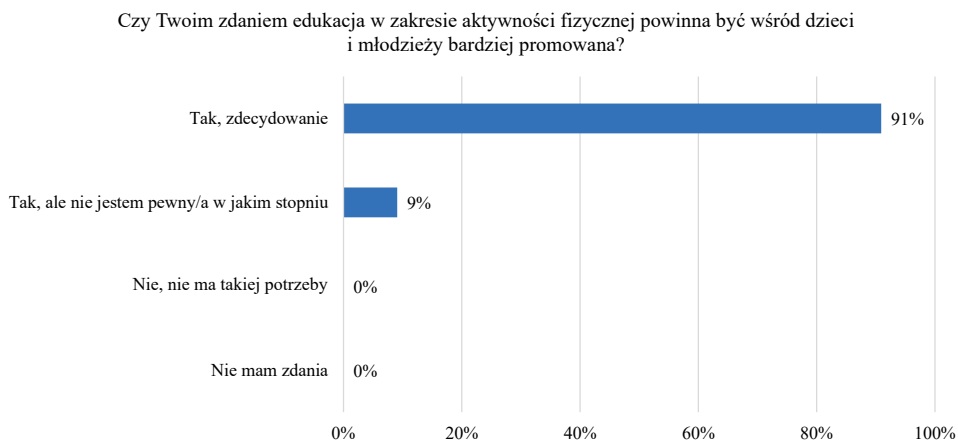
Wykres 7. Opinia respondentów na temat uwagi poświęcanej galom freakfightowym w kontekście ich wpływu na dzieci i młodzież



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Wszyscy badani zgodzili się także z tym, że edukacja dotycząca zdrowych form aktywności fizycznej powinna być bardziej promowana wśród dzieci i młodzieży, co świadczy o powszechnym uznaniu tej kwestii za istotną. Niemniej jednak 9% respondentów ($N = 3$) wyraziło pewne wątpliwości co do stopnia, w jakim edukacja ta powinna być promowana, co może sugerować potrzebę dalszego zgłębiania tego tematu, aby lepiej zrozumieć ich perspektywę. Potwierdza to wnioski z wcześniejszych odpowiedzi, że konieczne jest wdrożenie w szkołach programów edukacyjnych i programów społecznych dotyczących aktywności fizycznej, w tym wpływu mediów i gal freakfightowych na postawy i zachowania młodych ludzi. Takie programy powinny nie tylko promować regularne uprawianie sportu, ale także edukować młodzież na temat korzyści płynących z aktywnego trybu życia, co jest kluczowe dla zdrowia fizycznego i psychicznego. Dodatkowo istotnym elementem tych programów powinno być uwrażliwianie młodych ludzi na wpływ treści oglądanych w mediach na ich postrzeganie aktywności fizycznej oraz na rozwój kultury fizycznej wśród młodzieży.

Wykres 8. Promowanie wśród młodzieży edukacji w zakresie aktywności fizycznej



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

Respondentów zapytano także o inne czynniki, które mogą wpływać na zainteresowanie młodzieży galami freakfightowymi. Było to nieobowiązkowe pytanie otwarte i tylko jedna osoba udzieliła na nie odpowiedzi, wpisując: „nudzą się w domu to oglądają takie rzeczy”. Była to ta sama osoba, która w pierwszym pytaniu wskazała, że ogląda gale freakfightowe rzadziej niż raz w miesiącu, przyznając jednocześnie w pytaniu trzecim, że obejrzała galę, ponieważ znajomi włączyli ją w TV. Napisała również, że nie może udzielić odpowiedzi w pytaniu dotyczącym wpływu gal freakfightowych na jej zainteresowanie sportem, ponieważ ich nie ogląda. Ta osoba nie jest zainteresowana galami freakfightowymi i prawdopodobnie obejrzała jedną galę lub kilka gal nie z własnego wyboru, ale pod wpływem otoczenia. Jej odpowiedzi na pozostałe pytania wskazują ponadto, że nie dostrzega jakichkolwiek pozytywnych płynących z zainteresowania młodzieży tego typu wydarzeniami sportowymi.

Podsumowanie

Badanie przeprowadzone wśród młodzieży z województwa śląskiego na temat znaczenia gal freakfightowych wśród młodych osób wykazało dużą popularność tych wydarzeń. Wszyscy respondenci oglądali gale freakfightowe, a wielu z nich robi to regularnie, najczęściej kilka razy w miesiącu. Główne czynniki przyciągające młodzież to emocje towarzyszące wydarzeniom oraz umiejętności zawodników, choć intensywność walk również jest istotna. Mniejszą rolę odgrywa zaangażowanie celebrytów, co sugeruje, że młodzież ceni bardziej sportowe i emocjonalne aspekty gal. Opinie młodych ludzi na temat gal freakfightowych są zróżnicowane – część

respondentów uważa je za interesujące, ale kontrowersyjne, podczas gdy inni postrzegają je jako brutalne. Zdecydowana większość dostrzega potencjalny wpływ oglądania takich wydarzeń na zachowania agresywne, choć wiele osób nie jest pewnych stopnia tego wpływu.

Wyniki badania pokazują, że gale freakfightowe mają znaczący wpływ na młodzież, zarówno pod względem przyciągania jej uwagi, jak i kształtowania postaw. W związku z tym rekomenduje się dalsze badania nad wpływem tych wydarzeń na aktywność fizyczną młodzieży oraz rozwój programów edukacyjnych, które pomogą jej w zdrowym i świadomym korzystaniu z treści medialnych.

Bibliografia

- Apanowicz, J. (2002). *Metodologia ogólna*. Wydawnictwo Bernardinum.
- Brewer, G. (2011). Media Violence. W: G. Brewer (red.), *Media Psychology*. Palgrave Macmillan.
- Drożdż, M. (2008). Widz telewizyjny w ponowoczesnym świecie, cz. I. W: M. Kowalski, M. Drożdż (red.), *Przemoc i zdrowie w obrazach telewizyjnych (edukacja przez „codziennosc” telewizyjną)*. *Violence and Health in Television (Education by TV „Commonplace”)*. Oficyna Wydawnicza „Impuls”.
- Klata, N. (2023). Gale freak fight – od patostreamingu do najszybciej rozwijających się programów streamingowych. Czy media zdominuje kultura przemocy i upokorzenia? *Dziennikarstwo i Media*, 20: 83–89.
- Sułkowski, B. (2006). *Przemoc i pornografia śmierci jako przynęty medialne*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Urbaś, J., Dyrz, U., Kalembe, M. (2024). Uprzedmiotowanie człowieka w przemyśle przemocy na przykładzie działalności polskich federacji freakfight. W: K. Drąg (red.), *Sztuczna inteligencja – rzeczywiste wyzwania. Nowe technologie w komunikacji społecznej*. Wydawnictwo Biblos.
- <https://noizz.pl/spoleczenstwo/gale-freak-fight-normalizuja-przemoc-rowiesnicza-to-nie-wina-dzieci/6ffldnb>
- <https://przegladsportowy.onet.pl/mma/szalona-popularnosc-gal-freak-fight-w-polsce-to-co-sie-tam-dzieje-szokuje/9tz8sg3>
- <http://e-kreatywni.eu/index.php/pa/2-kreatywni/2729-fenomen-organizacji-typu-freak-fight-w-polsce-adrianna-wyszczelska>

Wpływ emocji na napięcie mięśniowe twarzy

Streszczenie

Badania pokazują, jak emocje wpływają na napięcie mięśni twarzy, co może prowadzić do problemów zdrowotnych. W artykule omawiane są mechanizmy działania emocji na mięśnie mimiczne, a także ich rola w codziennej komunikacji. Przedstawiono metody pomiaru napięcia mięśniowego, m.in. EMG i FACS. Wiedza ta ma zastosowanie w fizjoterapii i terapii manualnej, szczególnie w leczeniu zaburzeń mimiki twarzy.

Słowa kluczowe: emocje, napięcie mięśniowe, twarz, fizjoterapia, mimika

¹ Studentka Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej

Wprowadzenie

Badania nad wpływem emocji na organizm, w szczególności na napięcie mięśni twarzy, są istotnym obszarem naukowym. Mimika twarzy, będąca widocznym wyrazem emocji, odgrywa kluczową rolę w komunikacji i interakcjach społecznych. Napięcie mięśni twarzy odzwierciedla emocje, stan zdrowia psychicznego i fizycznego, co jest istotne w pracy fizjoterapeutów w diagnozowaniu i rehabilitacji zaburzeń mimiki, jak porażenie nerwu twarzowego czy dystonia.

1. Emocje – definicja i klasyfikacja

1.1. Czym są emocje?

Emocje to krótkotrwałe reakcje psychofizjologiczne, które pełnią kluczową rolę w interakcjach społecznych i procesach poznawczych. Wyróżnia się trzy główne komponenty emocji:

- subiektywnego doświadczenia (np. uczucie radości),
- reakcji fizjologicznych (np. przyspieszone tętno),
- ekspresji behawioralnej (np. mimika twarzy, gesty).

W badaniach nad emocjami wyróżnia się różne teorie ich powstawania. Klasyczna teoria Jamesa-Langego (1884) zakłada, że emocje wynikają z percepcji reakcji fizjologicznych organizmu. Z kolei teoria Cannon-Barda (1927) sugeruje, że reakcje emocjonalne i fizjologiczne pojawiają się jednocześnie. Obecnie coraz większą popularność zyskują teorie kognitywne, takie jak teoria Schachtera-Singera (1962), według której emocje powstają w wyniku interpretacji reakcji fizjologicznych w kontekście sytuacyjnym.

1.2. Klasyfikacja emocji

Emocje można podzielić według różnych kryteriów. Jednym z najbardziej znanych podziałów jest ten zaproponowany przez Paula Ekmana (1972), który wyróżnił 6 podstawowych emocji:

- radość,
- smutek,
- strach,
- złość,
- wstręt,
- zaskoczenie.

Innym podejściem do klasyfikacji emocji jest model dwuwymiarowy Russella (1980), który opisuje emocje na kontinuum dwóch wymiarów:

- walencji (pozytywne – negatywne),
- pobudzenia (wysokie – niskie).

Według tego modelu radość charakteryzuje się wysokim pobudzeniem i pozytywną walencją, natomiast smutek – niskim pobudzeniem i negatywną walencją.

1.3. Emocje a układ nerwowy

Podłoże neurologiczne emocji jest niezwykle złożone i obejmuje wiele struktur mózgowych. Kluczową rolę w ich regulacji odgrywa układ limbiczny, w szczególności: ciało migdałowate, podwzgórze, hipokamp. Istotne znaczenie ma również kora przedczołowa oraz neuroprzekazniki, takie jak serotonina, dopamina i noradrenalina.

Zrozumienie funkcjonowania emocji i ich klasyfikacji jest kluczowe dla analizy ich wpływu na napięcie mięśniowe twarzy, co zostanie omówione w kolejnych rozdziałach.

2. Anatomia i fizjologia mięśni mimicznych

2.1. Struktura mięśni mimicznych

Mięśnie mimiczne stanowią wyjątkową grupę, ponieważ ich działanie nie wpływa na ruchy stawów, lecz powoduje przesunięcie skóry, tworząc bruzdy i fałdy, które nadają twarzy charakterystyczny wyraz. Uczestniczą w otwieraniu i zamykaniu szpar powiek oraz ust, a także w mówieniu, przyjmowaniu pokarmu i innych czynnościach. Mięśnie mimiczne są unerwione przez nerw twarzowy (VII nerw czaszkowy). Do najważniejszych mięśni mimicznych należą: mięsień okrężny oka, mięsień okrężny ust, mięsień czołowy, mięsień jarzmowy większy i mniejszy oraz mięsień nosowy. Te mięśnie umożliwiają nie tylko wyrażanie emocji, ale także pełnią funkcje związane z mową, żuciem oraz zamykaniem oczu czy ust.

2.2. Rola mięśni mimicznych w ekspresji emocji

Mięśnie mimiczne odgrywają kluczową rolę w wyrażaniu emocji. Zgodnie z klasyfikacją Ekmana sześć podstawowych emocji wywołuje charakterystyczne zmiany w mimice twarzy. Na przykład podczas radości aktywowane są mięśnie jarzmowe i okrężne ust, powodując uśmiech, a w przypadku smutku – opadają kąciki ust. Emocje wpływają również na nieświadome reakcje mimiczne. Badania wskazują, że wyraz twarzy jest uniwersalny i rozpoznawany w różnych kulturach, pełniąc ważną rolę w komunikacji międzyludzkiej.

2.3. Układ nerwowy a napięcie mięśni twarzy

Kontrola napięcia mięśni twarzy jest związana z nerwem twarzowym i układem autonomicznym. Nerw ten rozgałęzia się w obrębie twarzy, umożliwiając precyzyjne kontrolowanie wyrazu twarzy, w tym mimiki związanej z emocjami. Ponadto układ autonomiczny, który reguluje funkcje nieświadome organizmu,

wpływa na napięcie mięśni twarzy. Współczulny układ nerwowy zwiększa napięcie mięśni, co jest widoczne w sytuacjach stresowych, podczas gdy układ przywspółczulny działa odwrotnie – zmniejsza napięcie, umożliwiając relaksację. Zrozumienie tych procesów jest kluczowe nie tylko w analizie emocji, ale również w kontekście terapii, np. przy leczeniu zaburzeń związanych z mimiką twarzy, takich jak dystonia twarzowa.

3. Wpływ emocji na napięcie mięśni twarzy w różnych stanach emocjonalnych

3.1. Zmiany napięcia mięśniowego w różnych stanach emocjonalnych

Napięcie mięśni twarzy zmienia się w odpowiedzi na różne stany emocjonalne. Wysokie napięcie mięśniowe jest często związane z takimi emocjami jak stres, gniew czy lęk. W tych stanach może dojść do napięcia w obrębie mięśni czoła, szczęki lub wokół oczu, co objawia się zmarszczeniem brwi, zaciśnięciem szczęki lub szerokimi oczami. Z kolei emocje takie jak relaks czy radość prowadzą do obniżenia napięcia mięśni twarzy, co objawia się uśmiechem i rozluźnieniem mięśni. Zbyt wysokie lub zbyt niskie napięcie mięśniowe może prowadzić do zaburzeń mimiki twarzy, wpływając na zdolność wyrażania emocji i komunikację niewerbalną. Na przykład przewlekłe napięcie związane z ciągłym stresem może prowadzić do bólów głowy, sztywności twarzy i trudności w wyrażaniu emocji. Ponadto nadmierne napięcie może powodować zmiany w strukturze mięśni i stawów, co może prowadzić do bólów twarzy, trudności w żuciu czy zamykaniu ust, podczas gdy zbyt niskie napięcie może utrudniać rozpoznawanie emocji na twarzy, a także wpływać na jej wyrazistość.

3.2. Metody pomiaru napięcia mięśniowego twarzy

Aby zrozumieć, jak emocje wpływają na napięcie mięśni twarzy, naukowcy opracowali różne metody pomiaru.

- Elektromiografia (EMG) jest jedną z najczęściej stosowanych metod do pomiaru aktywności elektrycznej mięśni. Dzięki elektrodom umieszczonym na powierzchni skóry lub w obrębie mięśni możliwe jest monitorowanie ich aktywności w odpowiedzi na bodźce emocjonalne. EMG pozwala na precyzyjne zidentyfikowanie napięcia mięśni twarzy, co jest szczególnie przydatne w badaniach nad emocjami i ich wyrazami.
- *Facial Action Coding System* (FACS) to system kodowania ruchów twarzy, który pozwala na szczegółowe opisanie wyrazów twarzy, identyfikując różne grupy mięśni aktywowane przez emocje. System ten jest używany do klasyfikowania i kategoryzowania zmian mimicznych w odpowiedzi na konkretne emocje, jak np. złość czy radość.

- Dzięki nowoczesnym technologiom, takim jak obrazowanie 3D twarzy, możliwe jest precyzyjne śledzenie mikrorysów i zmian w kształcie twarzy podczas reakcji emocjonalnych. Tego typu technologia umożliwia rejestrowanie reakcji twarzy w czasie rzeczywistym i analizowanie szczegółowych danych dotyczących ich kształtu i ruchów.

3.3. Badania naukowe na temat związku emocji i napięcia mięśniowego

Badania nad związkiem emocji i napięcia mięśniowego koncentrują się na tym, jak emocje wpływają na mimikę twarzy, a także jak te zmiany można mierzyć. Ekman i Friesen (1975) opracowali *Facial Action Coding System* (FACS). Badania Levenson et al. (1992) wskazują, że emocje wywołują różne wzorce napięcia mięśniowego, które można zarejestrować za pomocą elektromiografii (EMG). Takie badania są istotne nie tylko w analizie emocji, ale także w praktyce klinicznej, np. w diagnostyce i leczeniu zaburzeń mimiki twarzy, takich jak porażenie nerwu twarzowego czy dystonia.

4. Znaczenie wyników badań w kontekście fizjoterapii i terapii manualnej

4.1. Jak można wykorzystać wiedzę o napięciu mięśni twarzy w fizjoterapii

Badania nad napięciem mięśni twarzy pomagają w diagnostyce i terapii zaburzeń funkcjonalnych. Dzięki ocenie napięcia mięśniowego terapeuci mogą identyfikować problemy związane z porażeniem nerwu twarzowego lub dystonią. Stosowanie technik manualnych, takich jak masaże twarzy czy terapia punktów spustowych, wspomaga poprawę mobilności mięśni, co jest istotne w leczeniu pacjentów po urazach czy operacjach.

4.2. Czy napięcie mięśniowe może wpływać na problemy zdrowotne?

Zwiększone napięcie mięśniowe twarzy, zwłaszcza w obrębie mięśni żwaczy i mięśni mimicznych, jest często związane z bruksizmem, czyli nieświadomym zgrzytaniem zębami i zaciskaniem szczęki, które najczęściej występuje podczas snu. Dodatkowo nadmierna aktywacja mięśni może powodować dysfunkcje stawu skroniowo-żuchwowego, objawiające się bólem, trzaskami, a nawet ograniczeniem ruchomości żuchwy. Długotrwałe napięcie w obrębie mięśni twarzy i szyi może również prowadzić do chronicznych dolegliwości bólowych oraz napięciowych bólów karku i barków, wpływając tym samym na postawę i ogólne samopoczucie pacjenta.

4.3. Rola terapii manualnej, masażu twarzy, terapii miofunkcjonalnej

Terapie manualne, takie jak masaże tkanek głębokich, rozluźnianie mięśni żwaczy, a także terapia miofunkcjonalna, są skutecznymi metodami w leczeniu napięć mięśniowych twarzy. Poprzez zastosowanie takich technik terapeuci mogą zmniejszyć

napięcie w obrębie mięśni twarzy, poprawiając ich funkcjonowanie i eliminując objawy takie jak bóle głowy czy bruksizm. Terapia miofunkcjonalna, angażująca ćwiczenia kontrolujące napięcie mięśniowe, może także pomóc w poprawie mowy i funkcji żucia u pacjentów.

Podsumowanie

Badania nad wpływem emocji na napięcie mięśni twarzy potwierdzają ścisły związek między stanem psychicznym a aktywnością mięśniową. Silne emocje, zarówno pozytywne, jak i negatywne, mogą prowadzić do wzmożonego napięcia, co w dłuższej perspektywie może przyczyniać się do problemów zdrowotnych, takich jak dysfunkcje stawu skroniowo-żuchwowego. W fizjoterapii i terapii manualnej znajomość tych zależności pozwala na skuteczniejsze podejście do terapii, obejmujące techniki rozluźniające, masaż twarzy oraz terapię miofunkcjonalną. Dalsze badania mogłyby skupić się na długofalowych skutkach napięcia mięśniowego oraz na metodach prewencji i terapii dostosowanych do indywidualnych potrzeb pacjentów.

Bibliografia

- Ekman, P. (1972). Universal and cultural differences in facial expressions of emotion. W: J.R. Cole (red.), *Psychological Studies of Man: A series of essays* (s. 83–108). The Hague: Mouton & Co.
- Ekman, P., & Friesen, W.V. (1975). *Unmasking the Face: A Guide to Recognizing Emotions from Facial Clues*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Ignasiak, Z., & Domaradzki, J. (2013). *Anatomia układu ruchu + Przewodnik do ćwiczeń* (2nd ed.). Edra Urban & Partner.
- Levenson, R.W., Ekman, P., & Friesen, W.V. (1992). Emotional expression and the physiological response to emotion. W: D.M. Wegner & J.W. Pennebaker (red.), *Handbook of Social Psychology* (s. 192–220). McGraw-Hill.
- Russell, J.A. (1980). A Circumplex Model of Affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6): 1161–1178.

Ból wywołany dysfunkcją układu stomatognatycznego

Streszczenie

Ból związany z dysfunkcją układu stomatognatycznego (US) wynika z zaburzeń stawów skroniowo-żuchwowych (SSŻ), mięśni żucia i okluzji, przyjmując charakter neuropatyczny, nocycyptywny lub psychogeny. Może prowadzić do bólu głowy, szyi oraz szumów usznych. Diagnostyka obejmuje nowoczesne metody, takie jak: elektromiografia powierzchniowa (sEMG) do analizy aktywności mięśni, aksjografia do oceny kinematyki żuchwy oraz testy kinezyjologiczne, badające wpływ okluzji na stabilność posturalną. Bruksizm rozpoznaje się głównie na podstawie wywiadu i badania klinicznego. Leczenie obejmuje terapię manualną, programy ćwiczeniowe oraz masaż, przy czym rehabilitacja stomatologiczna, integrująca różnorodne techniki terapeutyczne, zyskuje na znaczeniu w kontekście przywracania prawidłowej funkcji układu żucia. Wraz z rosnącym zainteresowaniem tym zagadnieniem dostępność wiedzy na temat skutecznych terapii systematycznie wzrasta.

Słowa kluczowe: układ stomatognatyczny, bruksizm, bóle głowy

Wstęp

Układ stomatognatyczny, obejmujący struktury anatomiczne szczęki, żuchwy, stawów skroniowo-żuchwowych oraz mięśni i więzadeł odpowiedzialnych za ruchy żuchwy, odgrywa niezwykle istotną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu. Jego znaczenie wynika przede wszystkim z udziału w podstawowych procesach życiowych, takich jak oddychanie, artykulacja mowy, a także mechaniczne przetwarzanie pokarmu, w tym gryzienie i przeżuwanie. Właściwa koordynacja tych funkcji nie tylko zapewnia sprawność układu trawiennego, lecz także wpływa na ogólny komfort życia pacjenta. Jakikolwiek zaburzenia w obrębie tego układu mogą prowadzić do szeregu trudności, zarówno natury fizjologicznej, jak i psychofizycznej, ograniczając zdolność do swobodnej komunikacji, spożywania posiłków czy nawet prawidłowego oddychania.

Dysfunkcje stawu skroniowo-żuchwowego (SSŻ) należą do najczęściej diagnozowanych schorzeń w obrębie układu stomatognatycznego i stanowią wyzwanie w praktyce klinicznej. Ich występowanie może prowadzić do licznych dolegliwości bólowych oraz znaczącego ograniczenia ruchomości żuchwy, co w konsekwencji negatywnie wpływa na jakość życia pacjenta (Netter, 2019). Co więcej, ból związany z tymi dysfunkcjami może przybierać różne formy – od stosunkowo łagodnych, lecz przewlekłych i uciążliwych dolegliwości, po nagłe, ostre epizody bólowe, które w sposób istotny utrudniają codzienne funkcjonowanie. Patogeneza tych zaburzeń jest złożona i może wynikać zarówno z czynników strukturalnych, takich jak zmiany w obrębie stawu skroniowo-żuchwowego, jak i czynnościowych, obejmujących nieprawidłowe napięcie mięśniowe czy zaburzenia mechaniki narządu żucia. W związku z tym proces diagnostyczny wymaga szczegółowej analizy biomechaniki układu stomatognatycznego, a także uwzględnienia potencjalnych czynników predysponujących, które mogą mieć istotny wpływ na rozwój oraz progresję choroby.

Celem niniejszego opracowania jest szczegółowe omówienie definicji bólu oraz jego klasyfikacji w kontekście schorzeń układu stomatognatycznego. Analiza obejmie aspekty anatomiczne, mechanizmy powstawania bólu oraz metody diagnostyczne, takie jak elektromiografia powierzchniowa (sEMG), aksjografia, testy kinezyologiczne. Omówione zostaną dostępne metody leczenia, które wspomagają redukcję bólu i poprawę funkcji układu stomatognatycznego, ze szczególnym uwzględnieniem roli fizjoterapii.

1. Ból – definicja i rodzaje

Ból to subiektywne odczuwanie stanu zagrażającego zdrowiu lub życiu. Sygnalizuje organizmowi potencjalne uszkodzenie tkanki lub układu. Może przyjmować różne formy i intensywności, a jego przyczyny są bardzo zróżnicowane. Wyróżnić można

podstawowe rodzaje bólu, które mogą pojawić się w zależności od jego źródła i charakterystyki.

1. **Ból neuropatyczny** – jest to ból związany z chorobą lub uszkodzeniem układu somatosensorycznego. Lokalizacja bólu może wskazywać uszkodzenie części obwodowej lub ośrodkowej.
2. **Ból psychogeny** – jest charakterystycznym rodzajem bólu, w wyniku którego nie mamy do czynienia z uszkodzeniem tkanki. Stresujący tryb życia oraz problemy natury psychologicznej ukazują reakcję w tkankach lub okolicach (somatyzacja).
3. **Ból nocycyptywny** – jest to rodzaj bólu, który wskazuje na bezpośrednie uszkodzenie tkanki. Żeby doszło do odczuwania bólu w organizmie, niezbędna jest obecność receptorów zwanych nocycceptorami.

Podział bólu dotyczy również czasu trwania. Wyróżnić można:

1. **Ból przewlekły** – trwa dłużej niż 3 miesiące i może mieć różne przyczyny, takie jak choroby, uszkodzenia tkanek lub układu nerwowego. Ból przewlekły ogranicza funkcjonowanie społeczne i obniża jakość życia.
2. **Ból ostry** – jest to nagła reakcja organizmu na zadziałanie czynnika uszkadzającego. Może powodować nagłe unieruchomienie i wyzwolić reakcje obronne w postaci np. agresji (Marzec, 2023).

Dokładne określenie jakości odczuwanego bólu może nakierować terapeutę na kierunek prowadzenia leczenia. Prawidłowe prowadzenie leczenia przeciwbólowego prowadzi do szybkich efektów i powrotu do zdrowia (Licznier, 2023).

2. Anatomia układu stomatognatycznego

Stawy skroniowo-żuchwowe są unikalne ze względu na ich sprzężoną pracę oraz obecność chrząstki włóknistej zamiast szklistej. Stabilność stawu zapewniają więzadła, w tym skroniowo-żuchwowe (część boczna i przyśrodkowa), klinowo-żuchwowe i rylcowo-żuchwowe. Ważną rolę pełni więzadło Pinto, którego napięcie może wpływać na dolegliwości, takie jak szumy uszne. Kluczową strukturą jest także krążek stawowy, który dzieli staw na dwa piętra, zapewnia amortyzację i jest stabilizowany przez więzadła oboczne oraz pasma krążkowe. Włókna mięśni żucia dodatkowo wpływają na jego napięcie i funkcję.

Unierwienie stawu skroniowo-żuchwowego pochodzi głównie od nerwu uszno-skroniowego, nerwu skroniowego głębokiego i nerwu żwaczowego. Mechanoreceptory w torebce stawowej oraz ozębnej przekazują informacje proprioceptywne, wpływając na kontrolę ruchów żuchwy. Centralna sensytyzacja polega na wzmożonym przekazywaniu bodźców bólowych do OUN, co może prowadzić do bólu rzutowanego i trudności w lokalizacji źródła bólu.

Mięśnie układu czynnościowego narządu żucia obejmują mięśnie skroniowe, żwacze, skrzydłowe boczne i przyśrodkowe. Mięsień żwacz odpowiada za

unoszenie i przywodzenie żuchwy, a jego trzy warstwy stabilizują SSŻ. Mięsień skrzydłowy boczny górny uczestniczy w zwarcu zębów, a jego włókna przyczepiające się do krążka stawowego mogą powodować jego przemieszczenie. Mięsień skrzydłowy boczny dolny odpowiada za protruzję i ruchy boczne żuchwy. Mięśnie nad- i podgnykowe wpływają na koordynację żuchwy i biorą udział w połykaniu. Unerwienie mięśni żucia pochodzi głównie od nerwu żuchwowego (V3) (Kulesa-Mrowiecka, 2022).

3. Diagnostyka układu stomatognatycznego

Fizjodiagnostyka w fizjoterapii stomatologicznej stanowi innowacyjne podejście do diagnozowania, wspomagania leczenia oraz rehabilitacji w obrębie układu stomatognatycznego. Stomatologia jako interdyscyplinarna dziedzina coraz częściej sięga po zaawansowane technologie i metody, aby skuteczniej eliminować ból, wspierać procesy regeneracyjne oraz monitorować postępy terapii.

3.1. Elektromiografia powierzchniowa

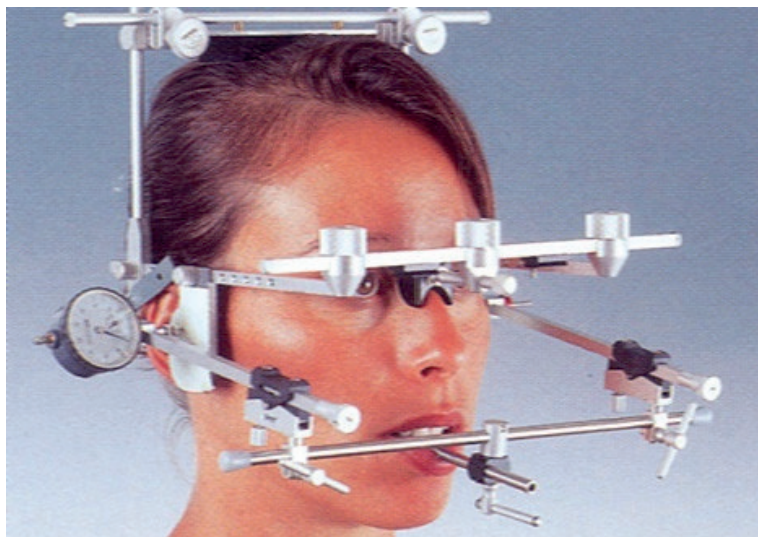
Elektromiografia powierzchniowa (sEMG) jest nieinwazyjną metodą diagnostyczną umożliwiającą ocenę aktywności bioelektrycznej mięśni szkieletowych poprzez rejestrację potencjałów mioelektrycznych. Technika ta pozwala na analizę koordynacji nerwowo-mięśniowej oraz funkcji mięśni w warunkach dynamicznych i statycznych, co czyni ją szczególnie przydatną w diagnostyce zaburzeń układu czynnościowego narządu żucia (UCNŻ) (Kulesa-Mrowiecka, 2022). Zastosowanie EMG umożliwia obiektywną i jakościową ocenę aktywności mięśni, określenie symetrii ich pracy, dzięki ukazaniu liczbowej wartości potencjałów elektrycznych mięśni żwaczowych oraz możliwości graficznego zapisu i analizie tych danych, zarówno prawej, jak i lewej strony².

3.2. Aksjografia

Aksjografia to metoda diagnostyczna wykorzystująca aksjograf – kinematyczny, mechaniczny lub elektroniczny łuk twarzowy. Jest to przyrząd zewnątrzustny, który umożliwia analizę kinematyki żuchwy oraz lokalizację osi zawiasowej stawu skroniowo-żuchwowego (SSŻ) (Kulesa-Mrowiecka, 2022). Fot. 1 przedstawia aksjograf mechaniczny, natomiast zdjęcia 2–4 aksjograf elektroniczny.

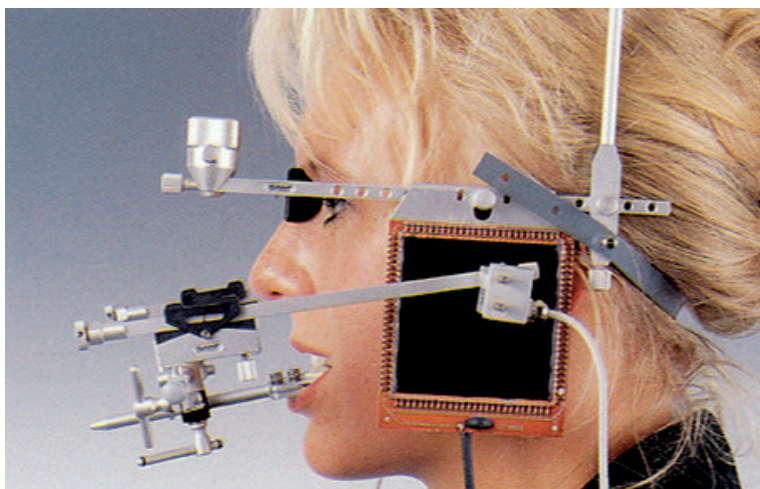
2 <https://www.stomatologiakrzemien.pl/wp-content/uploads/2016/07/elektromiografia.pdf>, [dostęp: 29.01.2025].

Fot. 1. Mechaniczny aksjograf



Źródło: M. Kulesa-Mrowiecka, *Dysfunkcje czaszkowo-żuchwowe. Diagnostyka, leczenie i rehabilitacja*, PZWL, 2022.

Fot. 2. Elektroniczny aksjograf



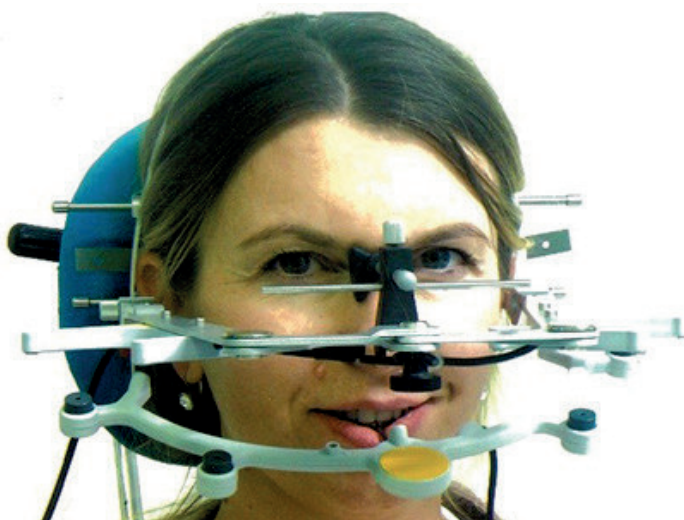
Źródło: M. Kulesa-Mrowiecka, *Dysfunkcje czaszkowo-żuchwowe. Diagnostyka, leczenie i rehabilitacja*, PZWL, 2022.

Fot. 3. Zestaw AxioQuick Recorder firmy SAM



Źródło: M. Kulesa-Mrowiecka, *Dysfunkcje czaszkowo-żuchwowe. Diagnostyka, leczenie i rehabilitacja*, PZWL, 2022.

Fot. 4. Elektroniczny aksjograf



Źródło: M. Kulesa-Mrowiecka, *Dysfunkcje czaszkowo-żuchwowe. Diagnostyka, leczenie i rehabilitacja*, PZWL, 2022.

Jedną z jego podstawowych funkcji jest dokładne określenie położenia osi zawiasowej, wokół której porusza się żuchwa. Ta lokalizacja ma istotne znaczenie, szczególnie podczas odwzorowywania ruchów żuchwy w artykulatorach – urządzeniach symulujących funkcję stawu. Dzięki aksjografowi można także szczegółowo zarejestrować sposób, w jaki żuchwa porusza się podczas różnych czynności, takich jak otwieranie czy zamykanie ust. Analiza tych danych pozwala na wykrycie wszelkich nieprawidłowości w jej kinematyce.

Kolejnym ważnym zastosowaniem aksjografu jest ocena okluzji, czyli sposobu, w jaki zęby górne i dolne stykają się ze sobą. Niewłaściwe ustawienie stawu lub błędy w okluzji mogą prowadzić do szeregu problemów, takich jak bóle głowy, trudności z żuciem czy ścieranie zębów. Urządzenie to znajduje również zastosowanie w planowaniu leczenia, zwłaszcza protetycznego i ortodontycznego. Umożliwia projektowanie precyzyjnych szyn terapeutycznych, idealnie dopasowanych do potrzeb pacjenta. Dokładność pomiarów aksjografu minimalizuje ryzyko błędów diagnostycznych, takich jak niewłaściwe ustawienie modeli zębów w artykulatorze, które mogłoby wpłynąć na skuteczność leczenia. Mechaniczny aksjograf umożliwia określenie kątów stawów skroniowo-żuchwowych dla indywidualnego pacjenta i wyznaczyć: krzywą inklinacji drogi kłykcia (kąt drogi stawowej), kąt Bennetta, szlak drogi mediotruzyjnej i laterotruzyjnej. Aksjografia umożliwia uzupełnienie klasycznych metod diagnostycznych, takich jak badanie palpacyjne czy ocena objawów akustycznych, szczególnie w przewlekłych patologiach, gdzie objawy kliniczne mogą być minimalne lub nieobecne. Interpretacja toru ruchu żuchwy na wykresie aksjograficznym pozwala na doprecyzowanie, a nawet ustalenie rozpoznania patologii. W sytuacjach, gdy badania obrazowe (np. rezonans magnetyczny czy tomografia komputerowa) nie dostarczają pełnego obrazu stanu stawu, aksjografia umożliwia ocenę funkcjonalną i dynamiczną stawu skroniowo-żuchwowego, co może wspomóc proces diagnostyczny. Przeciwwskazanie do aksjografii stanowi ostry stan bólowy z dużą niestabilnością czynnościową SSŻ w postaci przemieszczenia krążka stawowego z zablokowaniem (Kulesa-Mrowiecka, 2022).

3.3. Testy kinezyjologiczne

Badania nad wpływem zmian okluzji zębowej na stabilność posturalną wykazały, że u zdrowych młodych osób zmiana ustawienia zębów wpływa na równowagę statyczną, szczególnie na prędkość wychylenia środka ciężkości ciała. W przypadku zaciskania zębów obserwowano niższą prędkość wychylenia w porównaniu do pozycji odwodzenia i spoczynkowej żuchwy, zarówno z kontrolą wzrokową, jak i bez niej. Istnieją jednak doniesienia sugerujące brak wyraźnego związku między położeniem łuków zębowych a kontrolą posturalną, chociaż metodologia badań jest zróżnicowana.

Oceny stabilności posturalnej można dokonać za pomocą testów klinicznych, takich jak: próba Romberga, Tandem Walking Test, 180 Tandem Pivot Test oraz test Fukudy. W celu obiektywizacji oceny stabilności posturalnej wykorzystuje się platformy stabilometryczne, zarówno statyczne, jak i dynamiczne (balansowe) (Kulesa-Mrowiecka, 2022).

3.4. Diagnostyka bruksizmu

Diagnostyka bruksizmu obejmuje zarówno metody nieinstrumentalne, jak i instrumentalne. W metodzie nieinstrumentalnej głównym narzędziem jest wywiad, w którym zbierane są informacje na temat objawów bruksizmu dziennego i nocnego, historii zdrowia oraz czynników stresujących. Uzupełnia go badanie kliniczne, podczas którego ocenia się mięśnie żucia, stawy skroniowo-żuchwowe, okluzję zębową oraz zakres ruchów żuchwy.

Metody instrumentalne obejmują elektromiografię (sEMG), która mierzy aktywność mięśni żucia i pozwala na wykrycie bruksizmu zarówno w ciągu dnia, jak i w nocy. Inne techniki, takie jak sonografia elastograficzna, oceniają twardość mięśni, a polisomnografia, choć kosztowna i czasochłonna, jest jedną z najdokładniejszych metod diagnozowania bruksizmu nocnego (Kulesa-Mrowiecka, 2022).

4. Skale kliniczne bólu

Skale kliniczne bólu są narzędziami wykorzystywanymi przez specjalistów w celu oceny intensywności bólu u pacjentów. Celem jest uzyskanie obiektywnej oceny subiektywnego doświadczenia bólu i pomoc w dopasowaniu odpowiedniego leczenia. Istnieje kilka różnych rodzajów skal, z których każda ma swoje specyficzne zastosowanie.

Najczęściej stosowane skale w praktyce klinicznej to:

- **Skala numeryczna** (NRS – *Numerical Rating Scale*), używana w praktyce klinicznej. Pacjent ocenia ból na skali od 0 – brak bólu, do 10 – najgorszy wyobrażalny ból. Skala jest używana do oceny bólu ostrego, jak i przewlekłego. Pacjent odczuwający ból w skali pomiędzy 4 a 10 jest kierowany na pogłębienie diagnozy.
- **Skala wizualno-analogowa** (VAS – *Visual Analog Scale*), należy do skal analogowo-wzrokowych. Jest graficznym przedstawieniem 10 cm odległości, gdzie pacjent zaznacza poziom odczuwania bólu. Na jednym końcu linii jest „brak bólu”, a na drugim „najgorszy ból”. Skala VAS pozwala uzyskać dokładniejszą odpowiedź niż skala numeryczna (Majchrowicz, 2023).

5. Leczenie

Przeglądając dostępną literaturę, można znaleźć kilka metod leczenia stawów skroniowo-żuchwowych: leczenie farmakologiczne, terapia szyną zgryzową,

leczenie operacyjne oraz fizjoterapia. Jedną z metod fizjoterapeutycznych jest terapia manualna. Możemy jej użyć, gdy u pacjenta stwierdzono m.in. bruksizm, hipermobilność czy bóle głowy. Terapia manualna opiera się głównie na mobilizacji stawowej, zabieg wykonujemy w kierunku, który jest ograniczony, trwa on do 20 minut. Kolejnym przykładem jest głęboki masaż poprzeczny (GMP). Masaż można wykonywać w pozycji leżenia tyłem lub w pozycji siedzącej. Powoduje on ogólne rozluźnienie tkanek i zwiększenie zakresu ruchomości. Można również jako metody fizjoterapeutyczne zastosować stretching lub poizometryczną relaksację (PIR) (Zaworski i in., 2016).

Fot. 5. Głęboki masaż poprzeczny mięśni żwaczy



Źródło: K. Zaworski, R. Latosiewicz, P. Majcher, T. Derewiecki, E. Kołodziej, Zastosowanie terapii manualnej w leczeniu zaburzeń stawu skroniowo-żuchwowego, *Fizjoterapia Układu Stomatognatycznego*, 1/2016.

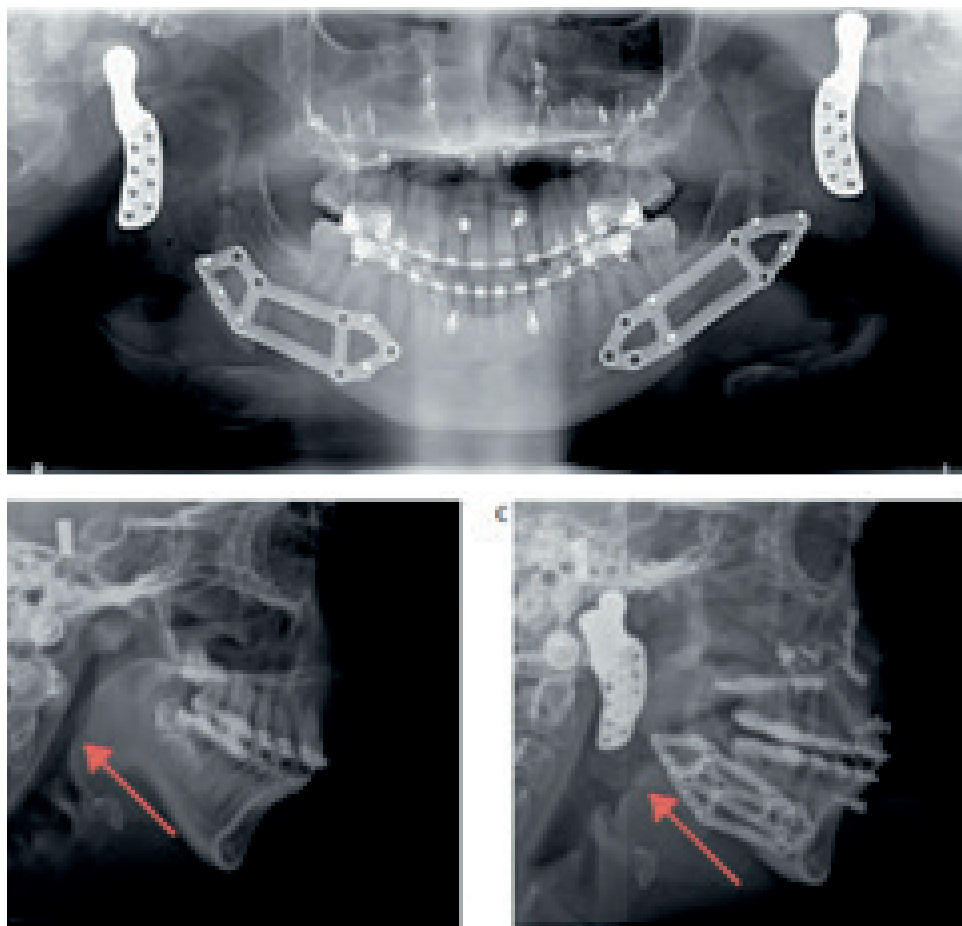
Fot. 6. PIR stawów skroniowo-żuchwowych

Źródło: K. Zaworski, R. Latosiewicz, P. Majcher, T. Derewiecki, E. Kołodziej, Zastosowanie terapii manualnej w leczeniu zaburzeń stawu skroniowo-żuchwowego, *Fizjoterapia Układu Stomatognatycznego*, 1/2016.

Poza metodami fizjoterapeutycznymi dostępne jest również leczenie chirurgiczne stawów skroniowo-żuchwowych. Z metod leczenia operacyjnego wyróżniamy: artrocentezę (wymiana płynu stawowego), artroskopię (głównym celem jest poprawa zakresu ruchomości stawu oraz jego funkcjonalności), przednie oraz boczne uwolnienie torebki stawowej, repozycja krążka. Po leczeniu operacyjnym u pacjenta należy wdrożyć fizjoterapię pooperacyjną, która powinna odbywać się 3–4 razy w tygodniu po 60 minut, przez minimum 2 tygodnie, a maksymalnie do 6 tygodni (Zaworski i in., 2016; Dowgierd, 2022).

Jako wspomagającą metodę leczenia stawów skroniowo-żuchwowych możemy wymienić też osteopatię. Osteopatia, lub inaczej OTM, czyli Osteopatyczna Terapia Manualna zakłada, że ciało ludzkie ma zdolność samoleczenia. Twórcą tej metody jest amerykański lekarz Still. Do technik osteopatycznych możemy zaliczyć m.in. techniki energii mięśniowej, techniki uwalniania mięśniowo-powięziowego czy też techniki równoważenia napięć więzadłowych. Osteopatia skupia się na pracy z organami wewnętrznymi oraz na pracy czaszkowo-krzyżowej (Nitecka-Buchta i in., 2024).

Fot. 7. Obrazy radiologiczne po zabiegu operacyjnym. Czerwoną strzałką zaznaczono górne drogi oddechowe (b-c); widoczne ewidentne powiększenie górnych dróg oddechowych (c)



Źródło: K. Dowgierd, *Leczenie chirurgiczne stawów skroniowo-żuchwowych, Dysfunkcje czaszkowo-żuchwowe. Diagnostyka, leczenie i rehabilitacja*, PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2022.

Podsumowanie

Bardzo istotnym elementem wdrożenia prawidłowego leczenia jest dokładna diagnostyka. Przy pomocy testów klinicznych oraz dostępnych skal oceny bólu można ocenić, czy pacjent zmaga się z bruksizmem, czy z innym zaburzeniem układu stomatognatycznego.

W badaniach z 2018 roku stwierdzono, że u osób starszych zmniejszona stabilność zgryzu, spowodowana utratą zębów lub nieodpowiednimi protezami, prowadzi

do intensywniejszej pracy mięśni żucia w celu utrzymania stabilności układu stomatognatycznego. To zjawisko może zwiększać ryzyko upadków. Ponadto zaciskanie zębów wpływa na kontrolę posturalną i układ motoryczny, pełniąc rolę kompensacyjną u osób z zaburzeniami równowagi. Stres jest jednym z czynników, które wzmagają problemy ze stawami skroniowo-żuchwowymi. Powoduje zwiększone napięcie mięśni w obrębie głowy i szyi, co może doprowadzić w konsekwencji do bruksizmu. Jest to patomechanizm, który jest odruchem mięśniowo-nerwowym, niespełniającym podczas objawienia się żadnej czynności fizjologicznej, tak jak kichanie czy oddychanie³ (Chwoińska-Drożdżał i in., 2018).

Powyższy artykuł ma pokazać różne definicje bólu w kontekście naukowym, a także wskazać jego znaczenie w diagnostyce oraz leczeniu układu stomatognatycznego. Ból w odniesieniu do układu stomatognatycznego ma ogromne znaczenie, ponieważ dopiero w momencie, kiedy wystąpi, pacjent być może zada sobie pytanie, dlaczego ten ból wystąpił i czym jest spowodowany? Im szybciej pacjent zda sobie sprawę, że ten ból nie jest zjawiskiem naturalnym, tym szybciej terapeuci będą w stanie zlokalizować, czego dokładnie dotyczy problem i wdrożyć odpowiednie leczenie. Ból może mieć różny charakter. Wyróżniamy ból przewlekły, który trwa dłużej niż 3 miesiące, ból ostry, nocycyptywny, psychogeny oraz neuropatyczny. Niezwykle istotne jest właściwe i możliwie jak najszybsze określenie charakteru występującego bólu, co pozwoli na wdrożenie odpowiedniego leczenia. Można tutaj wspomóc się narzędziami terapeutycznymi, takimi jak skale kliniczne bólu, które pozwolą na ocenę zarówno obiektywną, jak i subiektywną bólu występującego u pacjenta. Najbardziej znanymi są: skala VAS (*Visual Analog Scale*) oraz NRS (*Numerical Rating Scale*).

Równie istotnym elementem diagnostyki jest wykorzystanie elektromiografii powierzchniowej (sEMG), która umożliwia ocenę aktywności bioelektrycznej mięśni szkieletowych. Kolejną metodą, jaką możemy wspomóc się podczas diagnostyki stawów skroniowo-żuchwowych jest aksjografia, która do badań potrzebuje tzw. aksjografu, czyli urządzenia pozwalającego na zmierzenie ruchów żuchwy. Testy kinezyjologiczne i kliniczne oraz wywiad są dla terapeuty bardzo ważnym narzędziem diagnostycznym.

Przechodząc do tematu leczenia układu stomatognatycznego – istnieje wiele możliwości leczenia stawów skroniowo-żuchwowych. Warto jednak pamiętać, że zawsze lepiej jest zapobiegać niż leczyć, więc zaleca się szeroko pojętą profilaktykę, m.in. redukcję stresu, co pozwoli na rozluźnienie zbyt napiętych mięśni i w konsekwencji nie doprowadzi m.in. do powstania bruksizmu. Jeśli profilaktyka zawiedzie i zostaną rozpoznane podczas diagnostyki dysfunkcje układu stomatognatycznego, należy pamiętać, że mamy kilka możliwości leczenia. Możemy zastosować leczenie

3 <https://bmcteriatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12877-018-0805-4>, [dostęp: 29.01.2025].

farmakologiczne w celu złagodzenia dolegliwości bólowych, fizjoterapię oraz leczenie operacyjne. Do metod fizjoterapii stomatologicznej możemy zaliczyć terapię manualną, głęboki masaż poprzeczny (GMP), stretching oraz poizometryczną relaksację (PIR). Dodatkowo można zastosować u pacjenta osteopatię jako metodę wspomagającą. Jeśli metody fizjoterapeutyczne nie przynoszą zakładanych rezultatów, można pomyśleć nad bardziej skomplikowanym leczeniem operacyjnym, które niesie ryzyko powikłań. Po leczeniu operacyjnym u pacjenta powinniśmy zastosować rehabilitację pooperacyjną oraz dać zalecenia dotyczące wykonywania danych czynności.

Stres oraz siedzący tryb życia prowadzą do powstawania napięć mięśniowo-powięziowych, tzw. punktów spustowych, które zaburzają pracę układu stomatognatycznego. Punkty spustowe mogą znajdować się w mięśniach, takich jak: mięsień skroniowy, mięsień żwacz, mięsień skrzydłowy boczny i mięsień skrzydłowy przysrodkowy. Powodują one odczuwanie dolegliwości bólowych, które objawiają się np. w postaci bólów głowy czy też bólu barku. Badania Lordache i wsp. odnośnie oceny częstości zaburzeń układu stomatognatycznego u osób ze stwierdzonymi chorobami reumatycznymi (np. Reumatyczne Zapalenie Stawów) wskazują, że ból czy występowanie różnego rodzaju dysfunkcji związanych ze stawami skroniowo-żuchwowymi jest znacznie częstsze niż w przypadku innych chorób.

Oprócz bólu głowy czy bruksizmu możemy spotkać się u pacjenta z innymi chorobami układu stomatognatycznego, jak np. skrócenie wędzidełka czy malokluzja (nieprawidłowy zgryz), w których oprócz fizjoterapii potrzebne są również konsultacje m.in. ze stomatologiem oraz logopedą. Dlatego bardzo istotne jest holistyczne podejście do pacjenta i współpraca z innymi specjalistami oraz jak najszybsze zgłoszenie dolegliwości bólowych przez pacjenta w celu wdrożenia odpowiedniej terapii.

Bibliografia

- Chwoińska-Drożdżał, M., Biały, M. (2018). Wpływ stresu i cech osobowości na wyzwolenie bruksizmu. Leczenie z zastosowaniem szyny zgryzowej. *Stomatologia po Dyplomie*, 9.
- Dowgierd, K. (2022). Leczenie chirurgiczne stawów skroniowo-żuchwowych. W: M. Kulesa-Mrowiecka (red.), *Dysfunkcje czaszkowo-żuchwowe. Diagnostyka, leczenie i rehabilitacja*. PZWL Wydawnictwo Lekarskie.
- Kulesa-Mrowiecka, M. (Red.) (2022). *Dysfunkcje czaszkowo-żuchwowe. Diagnostyka, leczenie i rehabilitacja*. PZWL.
- Licznier, G. (2023). Leczenie bólu w gabinecie lekarza rodzinnego. *Gabinet Prywatny*, 286(6): 36–45.
- Ludwa, A., Oczachowski, M., Pihut M.E. (2024). Rola terapii osteopatycznej jako wspomagającego leczenia zaburzeń skroniowo-żuchwowych. *Protetyka Stomatologiczna*, 74(3): 219–224.

- Majchrowicz, B. (2023). Nursing and caring problems of a patient with gastric cancer- a case study. *Journal of Education, Health and Sport*, 14(1).
- Marzec, L. (2023). Pierwsza pomoc i pomoc medyczna przedszpitalna w oparzeniach u dzieci. *Umedical Reports*, 4.
- Netter, F.H. (2019). *Atlas anatomii człowieka. Polskie mianownictwo anatomiczne*. Edra Urban & Partner.
- Nitecka-Buchta, A., Sasak, E., Hochuł, D., Ratka, J., Wojciechowski, M., & Baron, S. (2024). Leczenie zaburzeń skroniowo-żuchwowych TMD – opis przypadku. *Twój Przegląd Stomatologiczny*, 6.
- Zaworski, K., Latosiewicz, R., Majcher, P., Derewiecki, T., Kołodziej, E. (2016). Zastosowanie terapii manualnej w leczeniu zaburzeń stawu skroniowo-żuchwowego. *Fizjoterapia Układu Stomatognatycznego*, 1.

Netografia

- <https://bmcgeriatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12877-018-0805-4>, [dostęp: 29.01.2025].
- <https://www.stomatologiakrzemien.pl/wp-content/uploads/2016/07/elektromiografia.pdf>, [dostęp: 29.01.2025].

Rola logopedy w poprawie jakości życia seniorów z zaburzeniami neurologicznymi

Streszczenie

Holistyczne podejście w rehabilitacji geriatrycznej koncentruje się na wielowymiarowym wspieraniu pacjentów w podeszłym wieku, uwzględniającym ich potrzeby fizyczne, psychiczne oraz społeczne. W praktyce oznacza to zintegrowane podejście do opieki, które obejmuje zarówno leczenie schorzeń fizycznych, jak i wsparcie w zakresie zdrowia psychicznego, a także działania mające na celu poprawę funkcjonowania społecznego seniorów. Kluczowym elementem tego modelu jest współpraca interdyscyplinarna, w której istotną rolę odgrywają logopedzi wspierający pacjentów z zaburzeniami mowy, komunikacji oraz funkcji połykania, często występującymi u osób starszych, zwłaszcza tych z chorobami neurologicznymi. Takie zintegrowane podejście umożliwia kompleksowe leczenie i rehabilitację, co przekłada się na poprawę jakości życia seniorów. Warto podkreślić, że działania te są nie tylko ukierunkowane na poprawę funkcji fizycznych czy poznawczych, ale również mają na celu zwiększenie samodzielności pacjentów w codziennym życiu oraz ich aktywizację społeczną. Przykładem może być rehabilitacja pacjentów po udarach mózgu, gdzie logopedzi mogą skutecznie przyspieszyć proces powrotu do pełnej sprawności i poprawić umiejętności komunikacyjne, co ma kluczowe znaczenie w codziennym funkcjonowaniu pacjentów. Dodatkowo takie podejście wymaga uwzględnienia indywidualnych potrzeb pacjenta, jego historii chorobowej oraz możliwości środowiska domowego. Włączenie rodziny i opiekunów w proces terapeutyczny również jest istotne, ponieważ ich wsparcie i zaangażowanie mogą znacząco wpłynąć na efekty rehabilitacji. Holistyczna rehabilitacja geriatryczna jest zatem nie tylko metodą leczenia, ale również filozofią opieki, która podkreśla godność, autonomię i jakość życia osób starszych.

Słowa kluczowe: holistyczne podejście, seniorzy, proces terapeutyczny, neurorehabilitacja, logopedia

¹ Uniwersytet Śląski w Katowicach, Koło Naukowe Młodych Logopedów

Wstęp

Naczelnym celem geriatry jest poprawa stanu funkcjonalnego człowieka, głównie w zakresie czynności życia codziennego i jakości życia osób starszych (Bień, 2016: 41). Współczesnym wyzwaniem nie jest samo osiągnięcie podeszłego wieku, lecz utrzymanie sprawności fizycznej, psychicznej i aktywności życiowej. Obecnie, gdy proces starzenia oraz związane z nim zmiany w organizmie są stosunkowo dobrze zbadane, kluczowe staje się zastosowanie tej wiedzy w praktyce, aby skutecznie poprawić jakość życia seniorów. Równie ważne jest przygotowanie osób młodszych do starości, zanim procesy starzeniowe zaczną wpływać na ich organizm (Różyk-Myrty, 2015: 10). W tym kontekście szczególną rolę odgrywa terapia logopedyczna, która stanowi istotny element wsparcia osób starszych, zwłaszcza tych zmagających się z problemami neurologicznymi. W ostatnich latach obserwuje się znaczący wzrost liczby osób starszych zmagających się z zaburzeniami neurologicznymi, takimi jak udar mózgu, choroba Parkinsona czy różne formy demencji. Schorzenia te znacząco wpływają na jakość życia seniorów, ograniczając ich sprawność ruchową, zdolności komunikacyjne i ogólną samodzielność. Celem niniejszego artykułu jest ukazanie działania logopedii w procesie rehabilitacji osób starszych z zaburzeniami neurologicznymi. Zintegrowane podejście, łączące różne dziedziny terapii, pozwala na skuteczniejsze przywracanie funkcji motorycznych, poprawę komunikacji oraz poprawienie ogólnej jakości życia pacjentów.

1. Zaburzenia neurologiczne u osób starszych

Istnieje wiele przyczyn rozwoju chorób neurologicznych u osób w podeszłym wieku, takich jak uszkodzenia o charakterze naczyniowym, metabolicznym, endokrynologicznym czy genetycznym (Roś i in., 2015: 55). Zwiększający się odsetek seniorów borykających się z zaburzeniami neurologicznymi to wyzwanie zdrowotne, które wymaga szczególnej uwagi w kontekście starzejącego się społeczeństwa. Osoby po przebytym udarze mózgu to największa grupa pacjentów z chorobami układu nerwowego, którzy potrzebują rehabilitacji. Udar mózgu jest jedną z głównych przyczyn niepełnosprawności wśród osób powyżej 45. roku życia. W niemal połowie przypadków (48%) występuje niedowład połowiczny, 22% pacjentów traci zdolność samodzielnego poruszania się, a aż 53% wymaga pomocy w codziennych czynnościach. U 15% osób obserwuje się zaburzenia mowy (Włoch-Kopeć, Słowik, 2008: 64-66). Zgodnie z danymi Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), udar mózgu zajmuje trzecie miejsce wśród przyczyn zgonów i jest najczęstszą przyczyną poważnej niepełnosprawności u osób po 45. roku życia (Raciborski i in., 2016: 11). Przewiduje się, że jedna na sześć osób doświadczy udaru mózgu w swoim życiu. Mimo postępu w dziedzinie diagnostyki, leczenia oraz profilaktyki pierwotnej i wtórnej, udar

nadal wiąże się z wysokim ryzykiem śmierci. Udar mózgu jest jedną z głównych przyczyn niepełnosprawności oraz znaczącego pogorszenia jakości życia osób dotkniętych tym schorzeniem (Kozień, 2018: 18). Udary niedokrwienne stanowią 85% wszystkich udarów, natomiast udary krwotoczne – 15% (w tym krwotoki śródmózgowe – 10%, a krwawienie podpajęczynówkowe – 5%) (Raciborski i in., 2016: 22). Osoba po udarze mózgu doświadcza ograniczeń w zakresie wydolności fizycznej, poznawczej i społecznej. Prowadzi to do poważnych uszkodzeń organizmu oraz spadku zdolności funkcjonalnych, co utrudnia jej aktywne uczestnictwo w życiu społecznym (Żdanowicz i in., 2020: 145–151). Mimo postępu w dziedzinie medycyny oraz zwiększania funduszy na profilaktykę, liczba przypadków chorób neurologicznych nadal rośnie, zwłaszcza wśród osób w starszym wieku (Prusiński i in., 2004: 31–32). Kluczowym elementem ich terapii jest przywrócenie zdolności do komunikacji werbalnej, co ma ogromne znaczenie w codziennym życiu pacjentów (Cipora i in., 2022: 28). W tym kontekście terapia logopedyczna odgrywa istotną rolę, pomagając w przywracaniu funkcji mowy, artykulacji oraz w zakresie funkcji połykania, które często ulegają zaburzeniu po udarze. Dodatkowo rehabilitacja koncentruje się na poprawie funkcji ruchowych pacjenta. Indywidualnie dobrany program rehabilitacyjny, obejmujący zarówno aspekty fizyczne, jak i logopedyczne, daje pacjentowi realną szansę na szybszy powrót do pełnej sprawności i integracji w życiu społecznym.

Rysunek 1. Czynniki ryzyka udaru niepodlegające modyfikacji

Opracowanie własne na podstawie: Kłak, A. (2016), Czynniki ryzyka udaru niepodlegające modyfikacji. W: Raciborski i in., *Udary mózgu – rosnący problem w starzejącym się społeczeństwie*. Raport Instytutu Ochrony Zdrowia.

Choroby neurologiczne stanowią poważne wyzwanie medyczne ze względu na ich zróżnicowany przebieg oraz trudności w leczeniu. Jednym z najbardziej wyniszczających schorzeń w tej grupie jest stwardnienie zanikowe boczne (SLA), które dotyka układu nerwowego, prowadząc do stopniowej utraty funkcji ruchowych (obejmuje zarówno neurony ruchowe, jak i komórki glejowe) oraz ma charakter wieloukładowy, co oznacza, że zmiany anatomopatologiczne występują nie tylko w układzie ruchowym, ale także w innych układach (Ince et al., 2008). Stwardnienie zanikowe boczne częściej dotyka mężczyzn niż kobiety. Choroba

rozwija się głównie u osób w wieku 50–60 lat, choć zdarzają się przypadki u młodszych pacjentów. Średni czas życia od chwili postawienia diagnozy wynosi około 2,5 roku. Przebieg SLA jest wysoce zindywidualizowany, dlatego długość życia chorych może znacząco się różnić – około 5% pacjentów żyje dłużej niż 10 lat. SLA należy do schorzeń rzadkich, a roczna liczba nowych zachorowań to 4–6 przypadków na każde 100 000 osób (Adamek, Tomik, 2005: 13). To postępująca choroba neurodegeneracyjna, która dotyczy układu nerwowego, obejmująca korę mózgową, pień mózgu oraz rdzeń kręgowy. Jest wynikiem uszkodzenia zarówno górnych, jak i dolnych neuronów ruchowych. Charakteryzuje się różnorodnymi objawami, których nasilenie i czas trwania mogą się znacznie różnić – od kilku miesięcy do nawet 10 lat. Choroba ta wiąże się ze stopniowym osłabieniem funkcji ruchowych, co znacząco ogranicza zdolność do wykonywania codziennych czynności. Ze względu na nieuleczalny charakter SLA kluczowym aspektem opieki nad pacjentem jest łagodzenie uciążliwych objawów, które utrudniają normalne funkcjonowanie (Pyszora i in., 2013: 6). Rokowania są wyjątkowo niekorzystne. Jako schorzenie nieuleczalne prowadzi do postępującej utraty sprawności ruchowej, aż do całkowitego paraliżu mięśni, w tym oddechowych, przy jednoczesnym zachowaniu pełnej sprawności intelektualnej pacjenta (Kasperska i in., 2019: 25).

Rehabilitacja osób z SLA spełnia dwie zasadnicze funkcje. Pierwszą jest funkcja medyczna, obejmująca poprawę kondycji i sprawności fizycznej, spowolnienie rozwoju choroby oraz opóźnienie wystąpienia zaników mięśni i trudności oddechowych. Drugą funkcję stanowi aspekt psychologiczno-społeczny, który skupia się na poprawie nastroju, zwiększeniu motywacji do podejmowania leczenia oraz redukcji odczuwanego lęku. Podstawowym celem rehabilitacji w SLA jest maksymalne przedłużenie sprawności pacjenta w codziennym życiu. Rehabilitacja oddechowa odgrywa zatem kluczową rolę w usprawnianiu pacjentów z SLA. Jej głównym celem jest wzmocnienie mięśni odpowiedzialnych za oddychanie, poprawa ruchomości klatki piersiowej oraz utrzymanie właściwej wentylacji płuc. Działania te obejmują pogłębianie oddechu, zwiększanie pojemności płuc, stymulację pracy przepony oraz wydłużenie fazy oddechowej. Rehabilitacja oddechowa jest niezwykle istotna, ponieważ to właśnie problemy z oddychaniem często powodują znaczące pogorszenie stanu zdrowia pacjenta (Błażejewska, 2015). Opieka nad pacjentem z SLA jest kompleksowa i wymaga zaangażowania wielu specjalistów. Jednym z najważniejszych jest logopeda, którego rola w rehabilitacji jest nieoceniona. Działania logopedyczne są wieloaspektowe i wymagają ciągłej oceny postępów oraz dostosowywania celów i metod terapeutycznych do indywidualnych potrzeb pacjenta. Celem terapii logopedycznej jest jak najdłuższe zachowanie zdolności mówienia oraz funkcji podstawowych, a także ułatwienie pacjentowi efektywnej komunikacji. Terapia ta jest dostosowana do specyficznych trudności, z jakimi boryka się chory, oraz jego aktualnych możliwości.

2. Rola logopedy w geriatrici

Wiek senioralny to okres w życiu człowieka, w którym możliwości przystosowawcze do niekorzystnych warunków środowiskowych zaczynają się wyczerpywać, a stan biologicznej równowagi organizmu zanika, co skutkuje zwiększoną podatnością na różne choroby. Te zmiany mają istotny wpływ na sprawność językową osób starszych. Proces starzenia się nie jest jednolity – jego przebieg zależy od wielu czynników. Badania wskazują, że zdolności psychofizyczne osób starszych kształtowane są przez ich predyspozycje genetyczne, środowisko, w którym żyją, stan zdrowia, a także indywidualne różnice w biologicznych i psychologicznych mechanizmach adaptacji do zmian zachodzących w organizmach i otoczeniu w miarę upływu lat ((Bigos i in., 2021: 4). Logopeda udziela wsparcia osobom z różnorodnymi zaburzeniami mowy, wynikającymi z różnych przyczyn. Aby skutecznie pracować z pacjentami, których problemy z mową są spowodowane chorobami, zaburzeniami zdrowotnymi lub niepełnosprawnościami, logopedzi powinni posiadać odpowiednią wiedzę, w tym z zakresu medycyny. W procesie terapii wykorzystują metody pedagogiczne, zwłaszcza z obszaru pedagogiki specjalnej. Każde działanie terapeutyczne musi być poprzedzone dokładną diagnozą logopedyczną, a zarówno diagnoza, jak i terapia powinny opierać się na wynikach badań naukowych (Jauer-Niworowska & Strachalska, 2011: 25). Komunikacja językowa jest jednym z najwybitniejszych osiągnięć ewolucji człowieka. Jej znaczenie najczęściej doceniamy dopiero wtedy, gdy zostaje częściowo lub całkowicie utracona. Taka sytuacja prowadzi do poważnych konsekwencji, takich jak: niemożność kontynuowania dotychczasowej pracy, konieczność zmiany zawodu czy reorganizacja życiowych priorytetów. Udar mózgu, który jest główną przyczyną tego rodzaju niepełnosprawności dorosłych (Kozubski, Liberski, 2014: 18), powoduje nie tylko utratę zdolności mówienia, ale także szereg innych ograniczeń, w tym niedowłady lub porażenia kończyn, zaburzenia widzenia, równowagi, czucia powierzchniowego, deficyty poznawcze oraz inne objawy. Zaburzenia językowe u osób starszych mogą mieć różnorodny charakter i przybierać formę zaburzeń specyficznych, ograniczających się jedynie do trudności w rozumieniu lub formułowaniu komunikatów werbalnych i niewerbalnych. Często jednak są one częścią szerszych, niespecyficznych trudności, kiedy to problemy z językiem współwystępują z zaburzeniami innych funkcji poznawczych, takich jak: pamięć, uwaga, spostrzeganie, myślenie, planowanie działań, podejmowanie decyzji czy kontrolowanie zachowań. Zaburzenia mogą mieć również podłoże motoryczne, objawiając się trudnościami w realizowaniu mowy, lub sensoryczne, związane z ograniczeniami w słyszeniu.

3. Zaburzenia mowy występujące w chorobie neurologicznej

Zaburzenia mowy po udarze mogą występować w formie afazji lub dyzartrii. Afazja to deficyt językowy, który obejmuje różne poziomy przetwarzania języka, takie jak fonologia, semantyka czy składnia. Może prowadzić do całkowitej lub częściowej utraty zdolności rozumienia i/lub tworzenia komunikatów językowych w różnych modalnościach – werbalnej, wizualnej, dotykowej czy gestowej (Rutkiewicz-Hanczewska, 2016: 166; 2021: 147). Natomiast dyzartria to zaburzenie ekspresji mowy, wynikające z uszkodzenia układu nerwowego odpowiedzialnego za sterowanie mięśniami aparatu mowy. Dotyczy ona funkcji oddechowych, fonacyjnych i artykulacyjnych (Jauer-Niworowska, 2009: 27–29). Afazja związana jest z uszkodzeniami centralnego układu nerwowego, które zakłócają procesy planowania symbolicznej komunikacji. Z kolei dyzartria wynika z uszkodzeń aparatu wykonawczego, obejmujących mięśnie, nerwy czaszkowe (IX, X, XII), ich jądra w rdzeniu przedłużonym, drogi korowo-jądrowe, mózdzek czy układ pozapiramidowy. Pacjenci z afazją mają trudności w wielu aspektach komunikacji, takich jak ekspresja, rozumienie, pisanie, czytanie i powtarzanie, podczas gdy u osób z dyzartrią problem dotyczy jedynie jakości artykulacji, przy zachowanym prawidłowym planowaniu i programowaniu mowy (Rutkiewicz-Hanczewska, 2021: 42). W praktyce logopedycznej obserwuje się, że wielu pacjentów ze schorzeniami neurologicznymi wykazuje współistniejące zaburzenia mowy, które wymagają zastosowania indywidualnych metod diagnostyczno-terapeutycznych. W takich przypadkach podczas badania logopedycznego określa się charakter nabytych deficytów, uwzględniając mechanizm patologiczny, lokalizację oraz zakres uszkodzenia mózgu. Następnie tworzy się profile rozpoznanych objawów, przypisując je do odpowiednich jednostek patologii mowy, aby ustalić hierarchię tych objawów. W końcowej fazie opracowuje się indywidualny program terapii logopedycznej, biorąc pod uwagę stan kliniczny pacjenta oraz jego uwarunkowania społeczne (Panasiuk, 2018: 5–7). Rehabilitacja osób z afazją i dyzartrią jest procesem wymagającym, ale może przynieść znaczną poprawę jakości życia pacjentów, pozwalając im odzyskać zdolność do komunikacji i ponownie pełnoprawnie uczestniczyć w życiu społecznym. Rehabilitacja nie kończy się na sesjach terapeutycznych. Bardzo ważne jest, aby pacjent miał możliwość codziennego ćwiczenia mowy w naturalnych warunkach, co pomaga w utrwalaniu efektów terapii. Warto, by rodzina i bliscy pacjenta byli zaangażowani w proces rehabilitacji, wspierając go w nauce i codziennych interakcjach komunikacyjnych.

Podsumowanie

Połączenie pracy logopedy i zespołu medycznego w rehabilitacji osób starszych, zwłaszcza w kontekście zaburzeń mowy i motorycznych, przynosi wymierne korzyści, które znacząco poprawiają jakość życia seniorów. Osoby po udarze

mózgu, które często zmagają się z afazją, dyzartrią oraz ograniczeniami motorycznymi, wymagają kompleksowego podejścia terapeutycznego, obejmującego zarówno aspekt językowy, jak i fizyczny. Współpraca logopedy z zespołem terapeutycznym umożliwia zintegrowanie terapii, w której rehabilitacja mowy i komunikacji łączy się z pracą nad poprawą funkcji ruchowych i posturalnych. Dzięki temu pacjent ma szansę na szybszy powrót do samodzielności, lepszą komunikację z otoczeniem oraz poprawę zdolności do wykonywania codziennych czynności.

Udar mózgu, będący jedną z głównych przyczyn niepełnosprawności osób starszych, może prowadzić do szeregu problemów neurologicznych, w tym afazji i dyzartrii. Rehabilitacja logopedyczna pacjentów po udarze mózgu cierpiących na afazję i dyzartrię jest procesem czasochłonnym, wymagającym stałego wsparcia ze strony specjalistów oraz bliskich. Celem terapii jest przywrócenie pacjentowi zdolności do komunikowania się i poprawienie jakości życia. W tym kontekście duże znaczenie ma zastosowanie metody SLS (*Stimulation of Linguistic Skills*), która jest jednym z podejść wykorzystywanych w terapii afazji. Metoda ta polega na stymulowaniu zdolności językowych pacjenta poprzez angażowanie różnych modalności komunikacyjnych, takich jak słowa, gesty czy obrazy, co wspiera proces rehabilitacji językowej. Przyszłe badania nad współpracą między logopedą a fizjoterapeutą w rehabilitacji osób z afazją i dyzartrią powinny skupić się na ocenie efektywności zintegrowanych metod terapeutycznych. Istnieje potrzeba dalszego badania wpływu wspólnej pracy specjalistów na poprawę jakości życia pacjentów, ich zdolności do samodzielności oraz poziomu integracji społecznej. Należy także przeanalizować, w jakim stopniu różne rodzaje udaru mózgu oraz towarzyszące im schorzenia (np. uszkodzenia motoryczne, poznawcze) wpływają na wybór strategii rehabilitacyjnych i metod terapii. Ważnym kierunkiem przyszłych badań będzie także opracowanie i walidacja narzędzi diagnostycznych oraz procedur terapeutycznych, które pozwolą na szybsze i dokładniejsze dostosowanie terapii do indywidualnych potrzeb pacjenta. Współpraca między specjalistami różnych dziedzin, takich jak neurologia, logopedia, fizjoterapia czy psychologia, stanowi kluczowy element w skutecznej rehabilitacji pacjentów z afazją i dyzartrią, a także osób po udarze mózgu. Warto również badać rolę wsparcia rodziny i opiekunów w procesie rehabilitacji, gdyż ich zaangażowanie ma ogromny wpływ na efektywność terapii oraz motywację pacjentów do dalszej pracy nad poprawą swoich umiejętności komunikacyjnych i motorycznych. Ostatecznie przyszłe badania nad współpracą logopedy i fizjoterapeuty mogą przyczynić się do opracowania skuteczniejszych metod rehabilitacji, które umożliwią pacjentom z afazją i dyzartrią powrót do pełnej aktywności życiowej i społecznej.

Bibliografia

- Adamek, D., Tomik, B. (2005). *Stwardnienie boczne zanikowe*. Kraków, ZOZ Ośrodek UMEA Shinoda-Kuracejo.
- Bień, B. (2016). Opieka zdrowotna nad osobami starszymi w Polsce. *Kontrola Państwowa. Numer specjalny*, 1: 41.
- Bigos, K., Panasiuk, J., & Popiołek-Janiec, A. (2021). Afazja a dyzartria. Problemy diagnozy różnicowej w przebiegu powikłanych schorzeń neurologicznych. *Logopedia*, 50(2): 201–226.
- Błażejewska, J. (2015). Propozycja oddziaływania neurologopedycznego w przypadku chorego na SLA /MND. *Logopedia Silesiana*, 4: 279–303.
- Cipora, E., Niemiec, M., Ściborowicz, A. (2022). Medyczno-społeczne aspekty rehabilitacji osób starszych po udarze mózgu. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 28(1): 28.
- Ince, P.G., Clark, B., Holton, J. et al. (2008). Disease of movement and system degeneration. Motor neuron disease (amyotrophic lateral sclerosis). W: S. Love, D.N. Louis, D.W. Ellison (red.), *Greenfield's Neuropathology*. Hodder Arnold, London.
- Jauer-Niworowska, A. (2009). *Zaburzenia mowy w chorobach neurologicznych*. Wydawnictwo Medyczne.
- Jauer-Niworowska, O., & Strachalska, B. (2011). Badania logopedyczne i ich zastosowanie w praktyce diagnostyczno-terapeutycznej (Zmienność realizacji elementów języka u osób z afazją i u osób z dyzartrią). *Szkoła Specjalna*, 4: 264–270.
- Kasperska, P., Oleksy, E., Ziółkowska, A., Stemplowski, W., Sokołowski, R., Klimkiewicz-Wszelaki, K., Zukow, W., Kędziora-Kornatowska, K. (2019). Wyzwania współczesnej medycyny – studium przypadku pacjenta z SLA po 60 roku życia. *Journal of Education Health and Sport*, 9(8).
- Kłak, A. (2016). Czynniki ryzyka udaru niepodlegające modyfikacji. W: F. Raciborski, E. Gawińska, A. Kłak, A. Słowik, M. Wnuk, *Udary mózgu – rosnący problem w starzejącym się społeczeństwie*. Raport Instytutu Ochrony Zdrowia.
- Kozień, F. (2018). *Udar mózgu w działaniach zespołów ratownictwa medycznego krakowskiego pogotowia ratunkowego* – praca dyplomowa. Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego, Wydział Zdrowia i Nauk Medycznych, Ratownictwo Medyczne.
- Kozubski, W., Liberski, P.P. (2014). *Neurologia. Podręcznik dla studentów medycyny*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- Panasiuk, J. (2018). Słowo wstępne. *Biuletyn Logopedyczny*, 32.
- Prusiński, A. (2004). *Neurogeriatria: praktyczne problemy neurologii w wieku podeszłym*. Wydawnictwo Czelej.
- Pyszora, A., Karnowski, A., Krajnik, M. (2013). Wpływ rehabilitacji na funkcjonowanie chorych na stwardnienie boczne zanikowe – badanie pilotażowe. *Medycyna Paliatywna w Praktyce*, 7(1): 6.

- Raciborski, F., Gawińska, E., Kłak, A., Słowik, A., Wnuk, M. (2016). *Udary mózgu – rosnący problem w starzejącym się społeczeństwie*. Raport Instytutu Ochrony Zdrowia.
- Roś, M., Przewłoka, A., Kołat, E. (2015). Choroby neurologiczne wieku podeszłego. W: A. Różyk-Myrty (red.), *Interdyscyplinarny model opieki nad osobami starszymi*, cz. 2 (s. 54–64). Oficyna Wydawnicza PWSZ.
- Różyk-Myrty, A. (2015). *Interdyscyplinarny model opieki nad osobami starszymi*, cz. 2. Oficyna Wydawnicza PWSZ.
- Rutkiewicz-Hanczewska, M. (2016). Neurobiologia nazywania. O anomii proprialnej i apelatywnej. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza.
- Rutkiewicz-Hanczewska, M. (2021). Afazja w ujęciu holistycznym. W: Z. Tarkowski (red.), *Afazjologia. Organiczne zaburzenia mowy* (s. 147–166). Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- Włoch-Kopeć, D., Słowik, A. (2008). Rehabilitacja neurologiczna po udarze mózgu. *Forum Profilaktyki*, 3(12).
- Żdanowicz, A., Dziembowska, I., Wiszniewska, M. (2020). Retrospektywna analiza pacjentów w aspekcie rozpowszechniania nadużywania alkoholu wśród chorych z udarem mózgu leczonych w Oddziale Neurologii. *Pielęgniarstwo Neurologiczne i Neurochirurgiczne*, 9(4): 145–151.

Ocena zastosowania poziomu białka BDNF jako markera wybranych chorób neurodegeneracyjnych

Streszczenie

Brain-derived neurotrophic factor (BDNF), czyli czynnik neurotroficzny pochodzenia mózgowego, jest białkiem, które należy do rodziny neurotrofin. Odgrywa kluczową rolę w funkcjonowaniu układu nerwowego oraz w jego rozwoju. BDNF warunkuje zdolności uczenia się i zapamiętywania, wpływając na przeżywalność neuronów, ich plastyczność oraz wzrost. W ostatnich dekadach środowisko naukowe zainteresowało się tą zależnością w kontekście wpływu zaburzeń w ilości tego białka a występowaniem chorób neurodegeneracyjnych. Prowadzone badania i obserwacje wskazują, że zmiany stężenia BDNF mogą towarzyszyć takim schorzeniom jak choroba Alzheimera, Parkinsona, Huntingtona czy depresja. Sugeruje to, że w przyszłości będziemy mogli wykorzystywać stężenie tego białka jako biomarkera. Ułatwi to diagnostykę oraz wspomóże ocenę działania zastosowanych terapii w chorobie lub umożliwi prognozowanie przebiegu danej jednostki chorobowej. W tej pracy zostaną omówione właściwości BDNF, metody jego pomiaru oraz oceniona będzie przydatność oznaczania stężeń tego białka jako markera diagnostycznego i prognostycznego w wybranych chorobach neurodegeneracyjnych (Zuccato & Cattaneo, 2009; Autry & Monteggia, 2012).

Słowa kluczowe: BDNF, czynniki troficzne mózgu, neurotrofiny, biomarkery neurodegeneracji, choroba Alzheimera, choroba Parkinsona, choroba Huntingtona

Charakterystyka białka BDNF

BDNF jest wydzielniczym białkiem, które powstaje początkowo jako cząsteczka prekursorowa ProBDNF. Następnie ulega potranslacyjnej modyfikacji oraz cięciu proteolitycznemu. Dojrzała forma białka aktywuje receptor kinazy tyrozynowej B, co inicjuje kaskady sygnałowe promujące przetrwanie, różnicowanie komórek nerwowych oraz wzmacnia transmisję synaptyczną. Zachowanie dynamicznej równowagi między tymi procesami jest możliwe dzięki dwufunkcyjności białka BDNF (Reichardt, 2006).

Jest to białko najliczniej występujące w ośrodkowym układzie nerwowym, zwłaszcza w hipokampie, korze mózgu oraz ciele migdałowatym, czyli w strukturach związanych silnie z emocjami i pamięcią. Wydzielany i syntezowany jest w neuronach głównie w tych obszarach, co wpływa na konsolidację śladów pamięciowych i plastyczność synaptyczną. Poza mózgiem BDNF syntezowany jest przez mięśnie szkieletowe oraz nerwy obwodowe, jednak największym magazynem tego białka są płytki krwi, które same nie wytwarzają go, lecz przechwytyują z zakończeń nerwowych i komórek nabłonka (Autry & Monteggia, 2012).

Wykazano, że trombocyty mogą uwalniać BDNF w procesie krzepnięcia, co powoduje znaczne różnice w stężeniu badanego białka w osoczu i surowicy. Po degranulacji płytek w surowicy stężenia mogą być od stu do kilkukrotnie wyższe. BDNF krążący we krwi może w pewnym stopniu przenikać barierę krew–mózg oraz oddziaływać na komórki śródbłonna i nerwy obwodowe, co sugeruje pewien stopień komunikacji między obwodową a ośrodkową pulą tego czynnika.

Metody oznaczania BDNF

Poziom tego białka oznacza się, badając materiały biologiczne – najczęściej z krwi obwodowej. Standardowo stosuje się pomiary z surowicy lub osocza, a następnie dostosowuje się normy stężenia do badanego materiału. Poziom białka badany jest technikami immunoenzymatycznymi, takimi jak ELISA, wykorzystuje się przeciwciała swoiste dla ludzkiego BDNF. Dostępne są także komercyjne zestawy, pozwalające na pomiar stężenia tego białka w nanogramach na mililitr.

Źródłem do badań może być również płyn mózgowo-rdzeniowy (PMR), gdyż BDNF jest głównie wytwarzany w OUN. Jednak stężenia w płynie mózgowo-rdzeniowym są bardzo niskie (rzędu piktoqramów na mililitr) i wymagają bardzo czułych metod oznaczania. Warto dodać, że samo wykonanie nakłucia lędźwiowego jest metodą dość inwazyjną i niesie możliwość powikłań. Ciekawą alternatywą jest badanie poziomu BDNF w ślinie, ponieważ wykazano obecność tego białka, jak i jego prekursora. Niestety, pochodzenie ślinowego BDNF nie jest do końca jasne (Ou i in., 2021; Mandel i in., 2009).

Co istotne, na stężenie BDNF ma wpływ wiele czynników niezależnych od choroby, a jego dobowy poziom nie jest stały. Ilość tego białka zależy od stylu życia,

na przykład aktywność fizyczna zwiększa jego poziom, co zaobserwowano u ludzi i u zwierząt. Również dieta i stres czy przyjmowane leki mogą oddziaływać na ten parametr. Interpretując więc pojedynczy pomiar u pacjenta, należy zachować ostrożność. W badaniach klinicznych zwykle porównuje się średnie wartości w grupach pacjentów, jak i w grupach kontrolnych, co pozwala wychwycić trendy, jednak zastosowanie BDNF jako indywidualnego markera wymagałoby ustalenia standaryzowanych metod pobrania oraz zakresów referencyjnych z uwzględnieniem wieku oraz płci.

BDNF jako biomarker w chorobie Alzheimera

Choroba Alzheimera (AD) jest najczęstszą przyczyną otępienia u osób starszych. Charakteryzuje się postępującą utratą neuronów kory mózgowej i hipokampa. Od lat 90. prowadzone były badania nad zależnością między BDNF a AD, już w 1991 roku zauważono obniżoną ekspresję mRNA BDNF w hipokampie pacjentów z chorobą Alzheimera (Tapia-Arancibia i in., 2008). Późniejsze badania potwierdziły niższy poziom w tkankach mózgowych osób z tą chorobą w obszarach dotkniętych neurodegeneracją. Niedobór BDNF w mózgu może nasilać dysfunkcję synaps i śmierć neuronów cholinergicznym, przyspieszając postępy choroby (Zhang i in., 2021). Z tego powodu istnieje hipoteza, że BDNF mógłby służyć jako marker uszkodzenia neuronalnego w AD, a nawet być celem terapeutycznym (Allen i in., 2013).

Badana krew pacjentów z chorobą Alzheimera również dostarczyła interesujących wyników. W surowicy stwierdzono niższy poziom stężenia u osób z AD w porównaniu ze zdrowymi osobami. Jednak wyniki poszczególnych prac były niejednoznaczne, część wykazywała wyraźny spadek, inne nie znajdowały istotnych różnic lub sugerowały, że na wczesnych etapach poziom BDNF może się przejściowo podnosić jako mechanizm kompensacyjny. Przeprowadzono metaanalizy, aby rozwiązać te sprzeczności. Naukowcy dokonali przeglądu 15 badań porównujących chorych na AD z osobami zdrowymi, opiewających w sumie na 2000 uczestników. Badania wykazały istotnie obniżony poziom BDNF w surowicy osób z pełnoobjawową chorobą Alzheimera względem grupy kontrolnej. Co ciekawe, osoby z łagodnymi zaburzeniami poznawczymi nie wykazały znacznych obniżen w poziomie tego białka. Oznacza to, że uchwycenie spadku w poziomie BDNF jest możliwe dopiero w bardziej zaawansowanym stadium choroby, być może w miarę postępu demencji mechanizmy kompensacyjne wygasają i BDNF spada poniżej pewnego progu. Z klinicznego punktu widzenia ogranicza to przydatność badania poziomu tego białka, ponieważ nie jest ono diagnostycznie wartościowe na wczesnych etapach choroby Alzheimera.

Pewne dane sugerują, że niski poziom BDNF może wiązać się z gorszym rokowaniem względem funkcji poznawczych. Prospektywne badanie przeprowadzone

w ramach Framingham Heart Study: Brain Aging Program, w którym zdrowych poznawczo uczestników 60+ obserwowano przez 10 lat, wykazało, że osoby z wyższym stężeniem wyjściowym BDNF rzadziej zapadały na demencję, co więcej – każdemu wzrostowi stężenia o 1 pkt procentowy towarzyszyło około 20–30% niższe ryzyko rozwoju choroby Alzheimera. Wyniki tych badań niejako stają w kontrze do wniosków wyciągniętych wcześniej (Allen i in., 2013).

BDNF jako biomarker w chorobie Parkinsona

Choroba Parkinsona (PD) jest schorzeniem zwyrodnieniowym ośrodkowego układu nerwowego, w którym chory traci neurony dopaminergiczne istoty czarnej. Powoduje to zaburzenia ruchowe i pozaruchowe. BDNF, jako białko wspierające działanie układu dopaminergicznego oraz wspomagające rozwój i przeżycie neuronów w istocie czarnej, może być badane pod kątem zaawansowania choroby. Modele doświadczalne wykazały, że zablokowanie sygnalizacji tego białka w istocie czarnej może prowadzić do podobnych neurodegeneracyjnych zmian jak w PD, co wskazuje na związek między deficytem BDNF a degeneracją układu dopaminowego w chorobie Parkinsona (Fumagalli i in., 2006).

Zaobserwowano zmiany poziomu BDNF u pacjentów z PD pobranych z krwi obwodowej. Metaanaliza przeprowadzona na blisko 1500 uczestnikach wykazała, że zdecydowanie niższe poziomy tego białka w surowicy prezentowały osoby z chorobą Parkinsona. Potwierdzono więc, że PD wiąże się ściśle z obniżonym poziomem BDNF, jednak nie znaleziono związku z wiekiem uczestników czy stadium zaawansowania choroby (Jiang i in., 2019).

Jednak zastosowanie mierzenia poziomu BDNF u chorego na Parkinsona mogłoby mieć jedynie wymiar pomocniczy – niezmiennie do rozpoznania tego schorzenia potrzebny jest obraz kliniczny oraz odpowiedź chorego na lewodopę. Stężenie tego czynnika nie jest specyficznym markerem dla tej jednostki chorobowej, a zmniejszenie jego stężenia wskazuje na ogólnie pogarszającą się kondycję organizmu i postępującą neurodegenerację (Allen i in., 2013).

Wykorzystać jednak można pomiar stężenia BDNF jako ocenę odpowiedzi pacjenta na zastosowane leczenie. Ocenic można na przykład poziom białka po wprowadzeniu aktywności fizycznej u osób chorych, ponieważ koreluje się ćwiczenia fizyczne ze spowolnieniem progresji PD. Badano też podawanie czynników neurotroficznych bezpośrednio do mózgu, co miałoby zwiększyć przeżywalność neuronów dopaminergicznych. Tak więc rozsądne byłoby wykorzystanie w takich przypadkach badania stężenia BDNF jako markera przebiegu i skuteczności terapii neuroprotektoryjnych.

BDNF jako biomarker w chorobie Huntingtona

Choroba Huntingtona (HD) to dziedziczne schorzenie neurodegeneracyjne wywołane przez mutację dynamiczną w genie HTT (kodującym białko huntingtynę). Objawia się ruchami płasawicznymi, zaburzeniami poznawczymi oraz wynikającymi z degeneracji neuronów prądkowia zmianami nastroju. W przeciwieństwie do wcześniej wymienionych chorób etiologia HD jest jednoznacznie genetyczna, jednak badania nad biomarkerami są istotne dla zrozumienia patofizjologii oraz monitorowania przebiegu choroby (Zuccato & Cattaneo, 2009).

Porównując przebieg HD do poziomu BDNF można zaobserwować znaczący związek przyczynowy między neurodegeneracją a spadkiem stężenia białka. Patologicznie zmieniona huntingtyna zaburza transkrypcję i transport wewnątrzkomórkowy BDNF.

Prawidłowo BDNF jest wytwarzane przez neuron korowy, następnie wędruje aksonalnie do neuronów prądkowia, wspierając jego przeżycie – jest to kluczowy element połączenia korowo-prądkowatego. W badaniach pośmiertnych tkanki mózgu chorych poziomy BDNF były wyraźnie obniżone w jądrze ogoniastym i skoriupie, podczas gdy w korze mózgowej pozostawały względnie zachowane. Wynika to z faktu, że zmutowana huntingtyna upośledza transkrypcję genu BDNF w korze oraz zakłóca transport aksonalny BDNF do prądkowia. W efekcie neurony prądkowia pozbawione są wystarczającego wsparcia troficznego i ulegają stopniowej degeneracji (Gauthier i in., 2004; Strand i in., 2007).

Zależność tę potwierdzają również badania na zwierzętach – myszom z mutacją HD wprowadzano do mózgu dodatkowy BDNF, co w konsekwencji łagodziło objawy. Wyniki te sugerują podaż białka BDNF jako atrakcyjny cel terapeutyczny.

Czy pomiar BDNF może być użyteczny u pacjentów z Huntingtonem jako marker? Ponieważ rozpoznanie HD stawia się na podstawie testów genetycznych, testowanie jego poziomów wydaje się diagnostycznie zbyteczne. Zatem pozostaje nam możliwość monitorowania przebiegu choroby. Mniejsze badania wskazywały ścisłą korelację między stężeniem BDNF a zaawansowaniem przebiegu HD, natomiast najbardziej przekrojowe badanie zdaje się przynosić w tej kwestii rozczarowanie. Badacze zbadałi prawie 400 próbek (kontrolnych, nosicieli i chorych), mierząc BDNF w surowicy i osoczu oraz ekspresję mRNA białka we krwi. Nie stwierdzono żadnych istotnych różnic między grupami. Poziomy BDNF w osoczu i surowicy pacjentów z HD były porównywalne ze zdrowymi. Co więcej, autorzy zwrócili uwagę na problemy metodologiczne: wyniki oznaczeń surowicznych były niewystarczająco powtarzalne (wpływ płytek krwi, sposobu przetwarzania próbek), a pomiar BDNF w osoczu dawał wartości bliskie granicy czułości testu. W konkluzjach autorzy badania odradzili interpretację pomiarów BDNF jako markera choroby Huntingtona, uznając je za mało wiarygodne (Ou i in., 2021).

Pomimo tych negatywnych wyników HD pozostaje istotnym dowodem na znaczenie BDNF w chorobach neurodegeneracyjnych, ponieważ jest jedyną chorobą, w której BDNF został powiązany mechanistycznie z podłożem genetycznym choroby. Zastosowanie tej wiedzy może nastąpić w przyszłości na polu terapeutycznym (np. próby dostarczania BDNF lub stymulacji jego receptora w mózgu chorych na HD). Jeśli pojawią się terapie modyfikujące poziom BDNF, marker ten będzie kluczowy w ocenie odpowiedzi na leczenie.

BDNF a depresja z komponentą neurodegeneracyjną

Depresję (zwłaszcza o ciężkim przebiegu, nawracającą) można byłoby nazwać neurodegeneracyjną w „*slow motion*”, gdyż przewlekłe utrzymujący się ciężki stan depresyjny może prowadzić do stopniowego wyniszczenia neuronów i połączeń nerwowych w mózgu. Pacjenci z wieloletnią depresją wykazują między innymi zmniejszenie objętości hipokampa, co interpretuje się jako efekt przedłużonego stresu neurotoksycznego i niedoboru czynników neurotroficznych.

W tym właśnie kontekście hipoteza neurotroficzna depresji zakłada, że obniżenie dostępności BDNF w mózgu przyczynia się do wystąpienia objawów depresyjnych, a jej skuteczne leczenie zwiększa poziom BDNF, co umożliwia odbudowę plastyczności neuronalnej.

Badania potwierdzają, że u osób cierpiących na zaburzenia depresyjne o ciężkim przebiegu poziom BDNF w surowicy krwi jest poniżej normy. Analizy przeprowadzone pod koniec pierwszej dekady XXI wieku wykazują jednoznacznie niższe stężenia BDNF u pacjentów z nieleczoną depresją oraz pozytywne ich zmiany po zastosowaniu skutecznego leczenia. Przykładowo w metaanalizie obejmującej niemal 9500 osób stwierdzono, że średni poziom BDNF w surowicy u chorych na depresję był istotnie niższy niż u osób zdrowych. Po zastosowaniu leczenia lekami przeciwdepresyjnymi poziom BDNF był niewiele niższy niż u osób zdrowych (Sen i in., 2008).

Zmiana stężenia BDNF korelowała z poprawą kliniczną: im większy wzrost BDNF, tym większe złagodzenie objawów depresji. Wyniki te popierają hipotezę, że BDNF nie jest jedynie wskaźnikiem, lecz czynnym modulatorem stanu chorobowego w depresji.

Koncepcja polegająca na wykorzystaniu BDNF jako biomarkera depresji obejmuje właściwie dwie perspektywy: diagnostyczną i prognostyczną. Depresja jest rozpoznawana klinicznie na podstawie objawów, a badania takie jak pomiar stężeń określonych substancji nie są wykonywane. Niemniej jednak bardzo niski poziom BDNF u osoby z objawami depresji mógłby wskazywać na biologiczne podłoże zaburzenia i dużą aktywność mechanizmów neurodegeneracyjnych. Teoretyzuje się, że pomiar BDNF pomógłby w identyfikacji osób z tzw. depresją lekooporną albo

z większym ryzykiem niespodziewanego nawrotu. U takich właśnie osób wykazano obniżony poziom białka pomimo zastosowania leczenia.

Jeśli chodzi o prognostyczną rolę BDNF w depresji, istnieją doniesienia mówiące, że wyższe wyjściowe stężenie BDNF prognozuje łagodniejszy przebieg oraz lepsze efekty leczenia (ze względu na wyższą wyjściową neuroplastyczność), natomiast każdorazowy powrót depresji obniża potencjał pozytywnych efektów, ponieważ niejako wyczerpujemy zasoby organizmu, co również powoduje potencjalnie gorszy przebieg następnych epizodów. Co więcej, nowe terapie biologiczne depresji, np. leczenie ketaminą, wiążą się z gwałtownym wzrostem BDNF, co koreluje z szybkim ustąpieniem objawów u części pacjentów. BDNF jawi się więc jako ogólny wskaźnik „zdrowia” sieci neuronalnych zaangażowanych w regulację nastroju (Polyakova i in., 2015).

Można zatem traktować BDNF jako biomarker stanu neuroplastyczności, a jego pomiar (przed, w trakcie i po terapii) informuje nas, czy i w jakim stopniu udało się odwrócić niekorzystne zmiany związane z chorobą. Przyszłość psychiatrii łączona jest z rozwojem terapii spersonalizowanych, tak więc niewykluczone jest użycie panelu biomarkerów obejmujących BDNF w doborze leczenia, identyfikując potencjalny charakter choroby i prognozując pozytywne efekty, czy też potencjalne nawroty.

Krytyczne spojrzenie na przydatność kliniczną oznaczania BDNF

Choć BDNF wydaje się obiecującym markerem, jego zastosowanie kliniczne napotyka znaczne ograniczenia. Brak specyficzności nie pozwala nam jednoznacznie określać, z jaką chorobą mamy do czynienia, a duża różnorodność i wpływy zewnętrzne sprawiają trudności w interpretacji pojedynczego wyniku. Wymienione już wcześniej czynniki stylu życia (aktywność fizyczna, dieta), pora dnia oraz nawet pora roku potencjalnie wpływają na zmianę poziomów BDNF u osoby badanej (Mandel i in., 2009). Niezapewnienie uwagi dla tych zmiennych może skutkować błędnym wynikiem dodatnim podczas próby wykorzystania BDNF jako testu klinicznego.

Kolejną kwestią jest problematyka metodologiczna. Różnice między oznaczaniem w osoczu surowicy, nieujednoliczone procedury analityczne, czułości i swoistość dostępnych testów, które różnią się w zależności od producenta, oraz problemy związane z preanalizą skutkują sceptycyzmem ze strony świata naukowego do stosowania takich pomiarów.

Warto dodać, że wiele zaburzeń związanych z obniżonym poziomem BDNF współistnieje ze sobą, jak np. często występująca depresja u pacjentów z chorobą Parkinsona. Podobnie osoby z otępieniem alzheimerowskim często są mniej aktywne fizycznie i społecznie, co samo w sobie obniża BDNF. Tak więc jego poziom może być zarówno skutkiem, jak i przyczyną pogarszającego się stanu pacjenta.

Takie sprzężenia zwrotne komplikują wykorzystanie BDNF jako prostego wskaźnika stanu choroby.

Krytycznie oceniając, przydatność kliniczna BDNF jest na razie ograniczona. Na ten moment żadna z wymienionych chorób nie uwzględnia poziomu BDNF jako kryterium diagnostycznego. Co nie znaczy, że BDNF jest bezużyteczny – dostarcza on informacji badaczom i wskazuje nowe kierunki terapii. Jednak z punktu widzenia lekarza praktyka wynik BDNF u pacjenta obecnie, niestety, nie przekłada się bezpośrednio na wybór leczenia czy ocenę rokowania.

Możliwe, że w przyszłości, gdy będziemy dysponować terapiami celowanymi na szlaki neurotroficzne, pomiar BDNF znajdzie zastosowanie przy kwalifikacji pacjentów, bądź jako jeden z elementów większego panelu biomarkerów (Allen i in., 2013).

Bibliografia

- Allen, S.J., Watson, J.J., Shoemark, D.K., Barua, N.U., Patel, N.K. (2013). GDNF, NGF and BDNF as therapeutic options for neurodegeneration. *Pharmacol Ther.*, 138(2): 155–175.
- Autry, A.E., Monteggia, L.M. (2012). Brain-derived neurotrophic factor and neuropsychiatric disorders. *Pharmacol Rev.*, 64(2): 238–258.
- Bouhaddou, N., Mabrouk, M., Atifi, F., Bouyahya, A., Zaid, Y. (2024). The link between BDNF and platelets in neurological disorders. *Heliyon*. 10: e39278.
- Eichardt, L.F. (2006). Neurotrophin-regulated signalling pathways. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*, 361(1473): 1545–1564.
- Fumagalli, F., Racagni, G., Riva, M.A. (2006). Shedding light into the role of BDNF in the pharmacotherapy of Parkinson's disease. *Pharmacogenomics J.*, 6(2): 95–104.
- Gao, L., Zhang, Y., Sterling, K., Song, W. (2022). Brain-derived neurotrophic factor in Alzheimer's disease and its pharmaceutical potential. *Transl Neurodegener.*, 11(1): 4.
- Gauthier, L.R., Charrin, B.C., Borrell-Pagès, M., Dompierre, J.P., Rangone, H., Cordelières, F.P. et al. (2004). Huntingtin controls neurotrophic support and survival of neurons by enhancing BDNF vesicular transport along microtubules. *Cell.*, 118(1): 127–138.
- Jiang, L., Zhang, H., Wang, C., Ming, F., Shi, X., Yang, M. (2019). Serum level of brain-derived neurotrophic factor in Parkinson's disease: a meta-analysis. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.*, 88: 168–174.
- Laske, C., Stransky, E., Leyhe, T., Eschweiler, G.W., Wittorf, A., Richartz, E. et al. (2006). Stage-dependent BDNF serum concentrations in Alzheimer's disease. *J Neural Transm (Vienna)*, 113(9): 1217–1224.
- Mandel, A.L., Ozdener, H., Utermohlen, V. (2009). Identification of pro- and mature brain-derived neurotrophic factor in human saliva. *Arch Oral Biol.*, 54(7): 689–95.

- Ou, Z.Y., Byrne, L.M., Rodrigues, F.B., Tortelli, R., Johnson, E.B., Foiani, M.S. et al. (2021). Brain-derived neurotrophic factor in cerebrospinal fluid and plasma is not a biomarker for Huntington's disease. *Sci Rep.*, 11: 3481.
- Parain, K., Murer, M.G., Yan, Q., Faucheux, B., Agid, Y., Hirsch, E. et al. (1999). Reduced expression of brain-derived neurotrophic factor protein in Parkinson's disease substantia nigra. *Neuroreport.*, 10(3): 557–561.
- Polyakova, M., Schlögl, H., Sacher, J., Schmidt-Kassow, M., Kaiser, J., Hennig, J. et al. (2015). BDNF as a biomarker for successful treatment of mood disorders: a systematic and quantitative meta-analysis. *J Affect Disord.*, 174: 432–440.
- Sen, S., Duman, R., Sanacora, G. (2008). Serum brain-derived neurotrophic factor, depression, and antidepressant medications: meta-analyses and implications. *Biol Psychiatry.*, 64(6): 527–532.
- Song, J.H., Yu, J.T., Tan, L. (2015). Brain-derived neurotrophic factor in Alzheimer's disease: risk, mechanisms, and therapy. *Mol. Neurobiol.*, 52(3): 1477–1493.
- Strand, A.D., Baquet, Z.C., Aragaki, A.K., Holmans, P., Yang, L., Cleren, C. et al. (2007). Expression profiling of Huntington's disease models suggests that brain-derived neurotrophic factor depletion plays a major role in striatal degeneration. *Journal Neuroscience*, 27(43): 11758–68.
- Tapia-Arancibia, L., Aliaga, E., Silhol, M., Arancibia, S. (2008). New insights into brain BDNF function in normal aging and Alzheimer disease. *Brain Res Rev.*, 59(1): 201–220.
- Weinstein, G., Beiser, A.S., Choi, S.H., Preis, S.R., Chen, T.C., Vorges, D. et al. (2014). Serum brain-derived neurotrophic factor and the risk for dementia: the Framingham Heart Study. *JAMA Neurol.*, 71(1): 55–61.
- Zhang, S., Cai, F., Wu, Y., Shen, Y., Zhang, W. (2021). A critical role of BDNF in Alzheimer's pathogenesis. *Front Mol Neurosci.*, 14, 647143.
- Zheng, F., Zhou, Y., Li, J., Lai, C., Lin, X., Cui, L. et al. (2016). Updated meta-analysis of serum BDNF in Alzheimer's disease. *J Alzheimers Dis.*, 56(4): 1459–1466.
- Zuccato, C., Cattaneo, E. (2009). Brain-derived neurotrophic factor in neurodegenerative diseases. *Nat Rev Neurol.*, 5(6): 311–322.

Mechanizmy epigenetyczne w chorobach nowotworowych – nowe kierunki terapii

Streszczenie

Mechanizmy epigenetyczne, takie jak metylacja DNA, modyfikacje histonów oraz regulacja mikroRNA, odgrywają kluczową rolę w rozwoju i postępie nowotworów. Zmiany te mogą prowadzić do zaburzeń w regulacji cyklu komórkowego, procesie apoptozy oraz zdolności komórek do migracji. Terapie epigenetyczne, obejmujące inhibitory metylacji DNA, deacetylazy histonów oraz modulację mikroRNA, stanowią obiecującą alternatywę dla tradycyjnych metod leczenia nowotworów, takich jak chemioterapia [1]. Celem tego artykułu jest przedstawienie mechanizmów epigenetycznych w kontekście onkologii oraz omówienie innowacyjnych strategii terapeutycznych, które mają potencjał nie tylko zwiększenia skuteczności leczenia, ale także zredukowania oporności na terapie.

Słowa kluczowe: choroby nowotworowe, mechanizmy epigenetyczne, terapia nowotworów, nowe terapie chorób nowotworowych

¹ Studentki Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej

Wstęp

Epigenetyka, jako obszar biologii, zajmuje się dziedzicznymi zmianami w ekspresji genów, które nie są rezultatem modyfikacji sekwencji DNA, lecz wynikają z różnorodnych chemicznych i strukturalnych modyfikacji DNA oraz histonów. Współczesne badania dowodzą, że zmiany epigenetyczne odgrywają kluczową rolę w rozwoju nowotworów. Zmiany w poziomie metylacji DNA, modyfikacje histonów oraz zaburzenia w aktywności mikroRNA mogą prowadzić do znacznej deregulacji ekspresji genów, co sprzyja powstawaniu nowotworów [1]. Zrozumienie tych mechanizmów jest niezwykle istotne dla opracowania nowych terapii, które zwiększą skuteczność leczenia nowotworów oraz będą przeciwdziałać oporności na tradycyjne metody, takie jak chemioterapia czy radioterapia.

Nowotwory rozwijają się w wyniku złożonych interakcji genetycznych i środowiskowych. Zmiany epigenetyczne, takie jak nadmierna metylacja genów supresorowych, mogą prowadzić do niekontrolowanego wzrostu komórek. Jednocześnie obniżona aktywność mikroRNA sprzyja ekspresji onkogenów [1]. Badanie epigenetyki w kontekście onkologii otwiera nowe perspektywy, umożliwiając odkrycie nowych mechanizmów regulacji genów, które mogą stanowić cel nowoczesnych terapii.

1. Mechanizmy epigenetyczne w nowotworach

1.1. Metylacja DNA

Metylacja DNA jest jednym z najczęstszych mechanizmów epigenetycznych. Polega na przyłączeniu grupy metylowej ($-CH_3$) do cytozyny w regionach promotorowych genów, co skutkuje ich wyciszeniem. W kontekście nowotworów zmiany w metylacji DNA mogą prowadzić do nadmiernej metylacji genów supresorowych nowotworów (np. *p16INK4A*, *p53*), co skutkuje ich wyciszeniem i utratą funkcji. Dodatkowo nadmierna metylacja może prowadzić do uruchomienia onkogennego programu w komórkach, co sprzyja powstawaniu nowotworów [2].

Badania pokazują, że zmiany w metylacji DNA mogą być użyteczne jako biomarkery w diagnostyce nowotworów oraz stanowić istotny cel terapii. Obecnie inhibitory metylacji, takie jak azacytydyna i decytabina, są stosowane w leczeniu wybranych nowotworów hematologicznych, takich jak ostra białaczka szpikowa [3].

1.2. Modyfikacje histonów

Histony, będące białkami wiążącymi DNA w chromatynie, mogą podlegać różnorodnym modyfikacjom chemicznym, takim jak acetylacja, metylacja, fosforylacja czy ubikwitynacja.

Te zmiany mają kluczowy wpływ na strukturę chromatyny, co z kolei wpływa na dostępność genów do transkrypcji. W przypadku nowotworów często zauważa się

obniżony poziom acetylacji histonów, co skutkuje większą kondensacją chromatyny i ograniczeniem ekspresji genów supresorowych.

Inhibitory deacetylazy histonów (HDACi), takie jak worynostat, romidepsyna i belinostat, zostały opracowane jako terapie epigenetyczne stosowane w leczeniu nowotworów. HDACi pomagają w przywracaniu prawidłowej ekspresji genów supresorowych, wpływając na regulację epigenetyczną komórki. Stanowią one nową perspektywę terapeutyczną, szczególnie w nowotworach hematologicznych, takich jak chłoniaki czy zespoły mielodysplastyczne [4].

1.3. MikroRNA i ich rola w nowotworach

MikroRNA (miRNA) to krótkie cząsteczki RNA, które nie kodują białek, a pełnią kluczową rolę w regulacji ekspresji genów. Działają poprzez wiązanie się z mRNA, co prowadzi do jego degradacji lub blokowania procesu translacji. W kontekście nowotworów często obserwuje się zaburzenia w ekspresji mikroRNA, które mogą mieć istotny wpływ na progresję choroby [3, 4]. Przykładowo, mikroRNA takie jak miR-34, które w normalnych warunkach działają jako supresory onkogenów, mogą wykazywać obniżony poziom w komórkach nowotworowych, co sprzyja ich niekontrolowanemu wzrostowi. Z kolei inne mikroRNA, takie jak miR-21, mogą pełnić funkcję onkogenicznych regulatorów, prowadząc do nadmiernej proliferacji komórek oraz oporności na apoptozę [5].

W terapii nowotworowej strategii oparte na mikroRNA skupiają się na przywracaniu ich prawidłowej funkcji. Modulatory mikroRNA, takie jak inhibitory onkogennych miRNA oraz mimetyki miRNA o działaniu supresorowym, stają się obiecującymi metodami leczenia nowotworów. Terapie epigenetyczne, które wykorzystują mikroRNA, mają potencjał, aby zahamować wzrost nowotworu i zwiększyć skuteczność terapii celowanych.

2. Nowe kierunki terapii epigenetycznych

2.1. Inhibitory metylacji DNA

Azacytydyna i decytabina to przykłady inhibitorów metylacji DNA, które zostały zatwierdzone do leczenia niektórych nowotworów hematologicznych, takich jak ostra białaczka szpikowa (AML) oraz zespół mielodysplastyczny (MDS). Działają one poprzez blokowanie enzymów odpowiedzialnych za dodawanie grup metylo- wych do DNA, co z kolei pozwala na przywrócenie ekspresji genów supresorowych nowotworów i spowalnia ich rozwój [5].

Badania przedkliniczne i kliniczne wykazały, że stosowanie azacytydyny i decytabiny może zmniejszać oporność na chemioterapię oraz poprawiać skuteczność leczenia nowotworów, zwłaszcza w przypadkach, gdzie metylacja DNA odgrywa kluczową rolę w patogenezie choroby.

2.2. Inhibitory deacetylazy histonów (HDAC)

Inhibitory deacetylazy histonów (HDAC) to grupa leków, które działają na poziomie epigenetycznym, blokując enzymy odpowiedzialne za usuwanie grup acetylowych z histonów. Ten proces prowadzi do „rozluźnienia” struktury chromatyny, co z kolei umożliwia aktywację genów supresorowych i hamowanie rozwoju nowotworów [6].

Wśród inhibitorów HDAC znajdują się takie leki jak worynostat, romidepsyna i belinostat, które zostały zatwierdzone do leczenia nowotworów hematologicznych, w tym różnych rodzajów chłoniaków. Działanie tych leków opiera się na przywróceniu prawidłowej ekspresji genów regulujących cykl komórkowy, apoptozę oraz różnicowanie komórek, co prowadzi do zahamowania wzrostu nowotworu.

2.3. Modulatory mikroRNA w terapii nowotworowej

W ostatnich latach terapie oparte na mikroRNA zaczęły cieszyć się zainteresowaniem jako obiecujące podejście w dziedzinie onkologii. MikroRNA odgrywają kluczową rolę w regulacji ekspresji genów na poziomie posttranskrypcyjnym, a ich nieprawidłowa ekspresja często bywa związana z progresją nowotworów [6, 7]. Wśród zastosowań terapeutycznych, które wykorzystują mikroRNA, można wyróżnić następujące strategie:

- **Inhibitory mikroRNA**, znane również jako antagomiry, są stosowane w przypadkach, gdy występują nadmiernie aktywne miRNA o onkogennych właściwościach, takich jak miR-21. Ich głównym celem jest przywrócenie równowagi epigenetycznej oraz zahamowanie wzrostu komórek nowotworowych.
- **Mimetyki mikroRNA** to syntetyczne analogi miRNA supresorowych, które często tracą swoją aktywność w nowotworach, na przykład miR-34. Wprowadzenie tych substancji do komórek nowotworowych może przywrócić naturalne mechanizmy regulujące cykl komórkowy oraz proces apoptozy.

Obecnie prowadzone są liczne badania kliniczne nad wykorzystaniem mikroRNA jako celów terapeutycznych, a ich wyniki mogą przyczynić się do opracowania nowych, bardziej precyzyjnych metod leczenia nowotworów [6, 7, 8].

Tabela 1. Strategie terapeutyczne oparte na mikroRNA w leczeniu nowotworów

Strategia terapeutyczna	Mechanizm działania	Przykłady mikroRNA	Efekt terapeutyczny	Źródło
Inhibitory mikroRNA (antagomiry)	Blokowanie nadmiernie aktywnych mikroRNA o właściwościach onkogennych	miR-21, miR-155	Przywrócenie równowagi epigenetycznej, zahamowanie proliferacji komórek rakowych	[1], [2]
Mimetyki mikroRNA	Dostarczanie syntetycznych analogów mikroRNA supresorowych	miR-34, let-7	Przywrócenie kontroli cyklu komórkowego i apoptozy, zahamowanie wzrostu nowotworu	[3], [4]
Modulacja mikroRNA w terapii skojarzonej	Połączenie terapii mikroRNA z innymi metodami (np. chemioterapią, immunoterapią)	miR-16, miR-200	Zwiększenie skuteczności leczenia, zmniejszenie oporności na terapię	[5]

Źródło: opracowanie własne na podstawie dostępnych badań naukowych.

3. Wyzwania i ograniczenia

Terapie epigenetyczne to obiecująca strategia w walce z nowotworami, jednak ich efektywność może być utrudniona przez szereg czynników. Do głównych wyzwań należą: oporność na leczenie, skutki uboczne oraz trudności w dostarczaniu leków do komórek nowotworowych.

3.1. Oporność na terapie epigenetyczne

Jednym z kluczowych problemów terapii epigenetycznych jest rozwój oporności na leczenie.

Mechanizmy oporności obejmują:

1. kompensacyjne szlaki epigenetyczne, które mogą zastępować funkcję zablokowanych enzymów,
2. adaptacyjne zmiany w metylacji DNA i modyfikacjach histonów,
3. selekcję klonów nowotworowych, które wykazują oporność na terapię.

3.2. Toksyczność i skutki uboczne

Leki epigenetyczne mogą oddziaływać nie tylko na komórki nowotworowe, ale również na zdrowe tkanki, co z kolei może prowadzić do wystąpienia działań niepożądanych, takich jak zaburzenia hematologiczne, problemy z układem pokarmowym, neuropatie obwodowe oraz zmiany neurotoksyczne.

3.3. Problemy z dostarczaniem leków

Wyzwania związane z dostarczaniem leków epigenetycznych obejmują krótki czas półtrwania tych substancji we krwi, niską swoistość w stosunku do komórek nowotworowych oraz konieczność opracowania innowacyjnych nośników leków, takich jak nanocząsteczki lipidowe.

Tabela 2. Główne wyzwania terapii epigenetycznych oraz możliwe rozwiązania

Wyzwanie	Opis	Możliwe rozwiązania
Oporność na leczenie	Adaptacja komórek nowotworowych do terapii epigenetycznej	Terapie skojarzone z inhibitorami innych szlaków
Toksyczność	Skutki uboczne wynikające z wpływu na zdrowe komórki	Opracowanie selektywnych inhibitorów
Dostarczanie leków	Niska efektywność przenikania leków do tkanek nowotworowych	Nanotechnologie, nośniki liposomalne

Źródło: opracowanie własne na podstawie dostępnych badań naukowych.

4. Terapie epigenetyczne w połączeniu z innymi strategiami leczenia

Epigenetyka odgrywa istotną rolę w modulowaniu odpowiedzi na terapię nowotworowe. W związku z tym coraz częściej prowadzone są badania nad strategiami, które łączą terapie epigenetyczne z innymi metodami leczenia.

4.1. Epigenetyka i immunoterapia

Modyfikacje epigenetyczne mogą wpływać na immunogenność komórek nowotworowych. Przykładem jest wpływ metylacji promotorów genów kodujących białka immunologiczne, co może zmniejszać ekspresję antygenów nowotworowych [8].

Tabela 3. Zastosowanie terapii epigenetycznych w połączeniu z innymi strategiami leczenia

Typ terapii skojarzonej	Mechanizm działania	Przykład terapii
Inhibitory HDAC + chemioterapia	Zwiększenie dostępności chromatyny dla leków cytotoksycznych	Romidepsyna + doksorubicyna
Inhibitory DNMT + immunoterapia	Demetylacja genów związanych z odpowiedzią immunologiczną	Azacytydyna + inhibitory PD-1
HDACi + inhibitory punktów kontrolnych	Regulacja ekspresji PD-L1, zwiększenie immunogenności	Worynostat + anty-PD-L1
Inhibitory mikroRNA + terapia celowana	Przywrócenie funkcji supresorowych miRNA i hamowanie onkogenów	Mimetyki miR-34 + inhibitory kinaz
Kombinacja epigenetyczna + radioterapia	Zwiększenie radiosensytywności komórek nowotworowych	Inhibitory HDAC + radioterapia

Źródło: na podstawie literatury naukowej, w tym badań takich jak Mentona i in. [7] oraz Li & Seta [8].

5. Przyszłość terapii epigenetycznych w onkologii

Przyszłość terapii epigenetycznych koncentruje się na tworzeniu bardziej selektywnych leków oraz zastosowaniu nowoczesnych technologii, które pozwolą na precyzyjne modyfikowanie epigenomu nowotworowego [9].

5.1. Nowe klasy inhibitorów epigenetycznych

Inhibitory bromodomainów (BETi) – hamują białka odpowiedzialne za odczytywanie modyfikacji histonów, przykładem może być JQ1 oraz OTX015.

Inhibitory metylotransferaz lizynowych (KMTi) – działają poprzez blokowanie enzymów, które regulują proces metylacji histonów.

5.2. CRISPR i epigenomika

Technologia CRISPR-Cas9 stwarza możliwości celowej modyfikacji epigenomu komórek nowotworowych, co z kolei otwiera nowe perspektywy dla terapii dostosowanych do indywidualnych potrzeb pacjentów [10].

Tabela 4. Zastosowanie technologii CRISPR w terapii epigenetycznej nowotworów

Technologia	Mechanizm działania	Potencjalne zastosowanie
CRISPR-dCas9 + enzymy epigenetyczne	Celowana demetylacja/modyfikacja histonów	Dokładna reprogramacja epigenomu nowotworu
Nanotechnologie w dostarczaniu leków	Poprawa biodostępności i selektywności leków epigenetycznych	Terapie oparte na mikroRNA

Źródło: na podstawie literatury naukowej, w tym badań takich jak Doudna & Charpentier [10] oraz Sanjana i in., [11].

Podsumowanie

Terapie epigenetyczne stanowią innowacyjne podejście do leczenia nowotworów, które daje szansę na przywrócenie prawidłowej ekspresji genów odpowiedzialnych za regulację cyklu komórkowego oraz apoptozę [12, 13]. Choć wciąż pojawiają się wyzwania dotyczące ich skuteczności i bezpieczeństwa, łączenie terapii epigenetycznych z innymi metodami, takimi jak immunoterapia czy terapie celowane, otwiera nowe horyzonty w dziedzinie onkologii. Dalsze badania nad mechanizmami epigenetycznymi oraz rozwój bardziej precyzyjnych leków mogą znacznie poprawić efektywność leczenia nowotworów w nadchodzących latach.

Bibliografia

1. Han, B., Wang, S., Zhao, H. (2020). MicroRNA-21 and microRNA-155 promote the progresjo of Burkitt's lymphoma by the PI3K/AKT signaling pathway. *International Journal of Clinical and Experimental Pathology*, 13(1): 89–98. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7013371/>.
2. Xue, X., Liu, Y., Wang, Y., Meng, M., Wang, K., Zang, X., Zhao, S., Sun, X., Cui, L., Pan, L., Liu, S. (2016). MiR-21 and MiR-155 promote non-small cell lung cancer progression by downregulating SOCS1, SOCS6, and PTEN. *Oncotarget*, 7(51): 84508–84519. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5356677/>.
3. Budzyński, M., Grenda, A., Filip, A.A. (2014). Cząsteczki mikroRNA jako istotny składnik mechanizmów regulacji. *Nowotwory. Journal of Oncology*, 64(1): 48–60. https://journals.viamedica.pl/nowotwory_journal_of_oncology/article/download/NJO.2014.0007/26611.
4. Kliza, K. (2015). Rola mikroRNA w nowotworzeniu. *e-biotechnologia.pl*. <https://ebio-technologia.pl/Artykuly/Rola-mikroRNA-w-nowotworzeniu>.

5. Stahlhut, C., Slack, F.J. (2015). Combinatorial action of microRNAs let-7 and miR-34 effectively suppresses non-small cell lung cancer cell proliferation. *Cancer Research*, 14(13): 2171–2180. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25714397/>.
6. Zhang, M., Zhang, L., Hei, R., Cai, H., Wu, X., Zheng, Q., Cai, Ch. (2021). CDK inhibitors in cancer therapy, an overview of recent development. *Oncogene*, 11(5): 1913–1935. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8167670/>.
7. Menon, A., Abd-Aziz, N., Khalid, K., Poh, Ch.L., Naidu, R. (2022). miRNA: A Promising Therapeutic Target in Cancer. *International Journal of Molecular Science*, 23(19), 11502. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9569513/>.
8. Li, Y., Seto, E. (2016). HDACs and HDAC Inhibitors in Cancer Development and Therapy. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 6(10), a026831. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27599530/>.
9. Berger, S.R. (2002). Histone modifications in transcriptional regulation. *Current Opinion in Genetics & Development*, 12(2): 142–148. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11893486/>.
10. Doudna, J.A., Charpentier, E. (2014). Genome editing. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346(6213), 1258096. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25430774/>.
11. Sanjana, N.E., Shalem, O., & Zhang, F. (2014). Improved vectors and genome-wide libraries for CRISPR screening. *Nature Methods*, 11(8): 783–784. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25075903/>.
12. Capp, J.P., Aliaga, B., Pancaldi, V. (2025). Evidence of Epigenetic Oncogenesis: A Turning Point in Cancer Research. *BioEssays*, 47(3), e202400183. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39651839/>.
13. Holubekova, V., Mendelova, A., Jasek, K., Mersakova, S., Zubor, P., Lasabova, Z. (2017). Epigenetic regulation by DNA methylation and miRNA molecules in cancer. *Future Oncology*, 13(25): 2217–2222. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28976205/>.

Zespół Lescha-Nyhana – patomechanizm, aspekty genetyczne, metaboliczne i neurologiczne oraz możliwości terapeutyczne

Streszczenie

Artykuł na temat zespołu Lescha-Nyhana omawia kompleksowy obraz tego rzadkiego zaburzenia genetycznego, które prowadzi do upośledzenia funkcji neurologicznych i metabolicznych, w tym do samouszkodzeń oraz poważnych zaburzeń ruchowych. W pracy szczegółowo opisano patomechanizm zespołu, który jest związany z mutacjami genu *HPRT1*, odpowiedzialnego za produkcję enzymu uczestniczącego w metabolizmie puryn [1, 2]. Poruszone zostały także aspekty genetyczne, metaboliczne i neurologiczne związane z tym schorzeniem oraz możliwości terapeutyczne, które obejmują leczenie objawowe, takie jak: stosowanie leków przeciwbólowych, neuroleptyków czy terapii fizycznej. W ostatnich latach badania nad terapią genową i enzymatyczną dały nowe nadzieje na skuteczniejsze leczenie [3, 4].

Słowa kluczowe: zespół Lescha-Nyhana, patomechanizm, gen *HPRT1*, mutacje genetyczne, metabolizm puryn, neurologiczne zaburzenia, samouszkodzenia, zaburzenia ruchowe, aspekty genetyczne, aspekty metaboliczne, terapia objawowa, leki przeciwbólowe, neuroleptyki, terapia fizyczna, jakość życia pacjentów

Wstęp

Zespół Lescha-Nyhana (LNS) to rzadkie, dziedziczne schorzenie metaboliczne, które wynika z niedoboru enzymu fosforybozylotransferazy hipoksantyno-guaninowej (HGPRT). Zaburzenie to prowadzi do nadprodukcji kwasu moczowego oraz poważnych objawów neurologicznych i behawioralnych, w tym charakterystycznej autoagresji. Zespół Lescha-Nyhana został po raz pierwszy opisany w 1964 roku przez Michaela Lescha i Williama Nyhana, którzy zauważyli u pacjentów unikalną kombinację hiperurykemii, zaburzeń neurologicznych oraz skłonności do samookaleczania [5].

Znaczenie badań nad tym zespołem wynika z jego złożonego mechanizmu patogenetycznego, który łączy zaburzenia metabolizmu puryn z nieprawidłowościami neurologicznymi i behawioralnymi [6]. Pomimo że LNS jest rzadkim schorzeniem, stanowi istotne wyzwanie zarówno diagnostyczne, jak i terapeutyczne. Wciąż nie istnieje skuteczna metoda leczenia przyczynowego, a terapia ogranicza się do łagodzenia objawów i poprawy jakości życia pacjentów [7]. Niniejsza monografia analizuje zespół Lescha-Nyhana w czterech głównych aspektach: genetycznym, neurologicznym, metabolicznym i terapeutycznym. Omówiona zostanie rola mutacji w genie *HPRT1*, mechanizmy prowadzące do objawów klinicznych, aktualne strategie terapeutyczne oraz perspektywy przyszłych badań [8].

1. Etiologia i patogeneza. Aspekty genetyczne w zespole Lescha-Nyhana

1.1. Mutacja w genie *HPRT1* i jej konsekwencje

Zespół Lescha-Nyhana (LNS) jest spowodowany mutacją w genie *HPRT1*, zlokalizowanym na długim ramieniu chromosomu X (Xq26.2–Xq26.3). Gen ten koduje enzym hipoksantyno-guaninową fosforybozylotransferazę (HGPRT), który odgrywa kluczową rolę w szlaku ratunkowym metabolizmu puryn [9]. Prawidłowa aktywność HGPRT umożliwia ponowne wykorzystanie hipoksantyny i guaniny poprzez ich przekształcenie w odpowiednie monofosforany nukleozydowe – inozynomonofosforan (IMP) oraz guanozynomonofosforan (GMP). W konsekwencji dochodzi do zmniejszenia zależności komórki od *de novo* syntezy puryn, co ogranicza nadmierną produkcję kwasu moczowego [9]. Mutacje w genie *HPRT1* prowadzą do całkowitego lub częściowego niedoboru HGPRT, co skutkuje gromadzeniem hipoksantyny i guaniny, które zamiast być ponownie włączane do puli nukleotydowej, ulegają degradacji do kwasu moczowego. Nadmiar kwasu moczowego skutkuje wystąpieniem hiperurykemii i jej konsekwencji klinicznych, takich jak dna moczanowa oraz kamica nerkowa. Ponadto deficyt HGPRT wpływa na funkcjonowanie układu nerwowego, prowadząc do zaburzeń neuroprzekąźnictwa, szczególnie w obrębie szlaku dopaminergicznego. Stopień upośledzenia enzymu determinuje fenotyp choroby, co prowadzi do różnych postaci klinicznych LNS [10]. W klasycznej postaci

zespołu Lescha-Nyhana aktywność HGPRT jest całkowicie zniesiona ($< 1,5\%$ normy), co skutkuje pełnym spektrum objawów, obejmującym ciężką hiperurykemię, zaburzenia neurologiczne oraz autoagresję [9]. Z kolei w łagodniejszych wariantach, w których resztkowa aktywność enzymu wynosi od $1,5\%$ do 30% , pacjenci mogą doświadczać jedynie objawów hiperurykemii, dystonii lub innych zaburzeń neurologicznych, jednak bez charakterystycznej autoagresji [10].

1.2. Spektrum genotypowo-fenotypowe i mechanizmy kompensacyjne w zespole Lescha-Nyhana

Zespół Lescha-Nyhana (LNS) charakteryzuje się szerokim spektrum manifestacji klinicznych, których zasięg wynika z heterogeniczności mutacji w genie *HPRT1*. Zmiany genetyczne obejmują substytucje pojedynczych nukleotydów, delecje oraz insercje, prowadzące do zaburzeń w strukturze i funkcji enzymu fosforybozylotransferazy hipoksantyno-guaninowej (HGPRT). W niektórych przypadkach mutacje missensowne skutkują częściową aktywnością enzymu, co klinicznie objawia się łagodniejszym fenotypem choroby. Mechanizmy kompensacyjne w metabolizmie puryn odgrywają kluczową rolę w modulacji obrazu klinicznego LNS. W warunkach fizjologicznych synteza puryn odbywa się dwutorowo: poprzez szlak *de novo* oraz szlak ratunkowy, zależny od aktywności HGPRT. U pacjentów z deficytem HGPRT dochodzi do wzmożonej aktywności amidotransferazy glutamyl-5-fosforybozylpifosforanu (PRPP), co nasila syntezę puryn *de novo* i prowadzi do hiperurykemii oraz jej powikłań metabolicznych [9]. Niestety, pomimo istnienia tego mechanizmu kompensacyjnego, nie jest on wystarczający do zapobiegania neurobiologicznym i metabolicznym konsekwencjom choroby. Szczególną wrażliwość na deficyt HGPRT wykazuje układ dopaminergiczny, zwłaszcza w obrębie prążkowie. Dysfunkcja tego układu przyczynia się do występowania dystonii, zaburzeń ruchowych oraz autoagresji, które są patognomonicznymi objawami LNS [7]. Badania neurobiologiczne wskazują na obniżoną syntezę i wychwyt dopaminy, a także na zmiany w ekspresji receptorów dopaminergicznych u pacjentów z LNS [9]. Dalsze badania nad mechanizmami kompensacyjnymi oraz terapiami ukierunkowanymi na modulację układu dopaminergicznego mogą przyczynić się do opracowania bardziej skutecznych strategii leczenia tej rzadkiej, lecz wyniszczającej choroby.

1.3. Dziedziczenie sprzężone z chromosomem X

Zespół Lescha-Nyhana jest dziedziczony w sposób recesywny, sprzężony z chromosomem X, co oznacza, że choroba występuje głównie u mężczyzn (XY), którzy posiadają tylko jedną kopię genu *HPRT1* [9]. Kobiety (XX) najczęściej są nosicielkami mutacji i rzadko przejawiają objawy choroby, ponieważ ich drugi, prawidłowy allel genu *HPRT1* kompensuje mutację. W rzadkich przypadkach u kobiet może dochodzić do losowej inaktywacji jednego z chromosomów X w większej liczbie komórek, co może

prowadzić do manifestacji objawów chorobowych [11]. Nosicielki mutacji mogą być identyfikowane za pomocą badań genetycznych, co jest istotne w poradnictwie genetycznym. W rodzinach obciążonych występowaniem LNS możliwe jest przeprowadzenie diagnostyki prenatalnej, aby określić status genetyczny płodu [9].

1.4. Diagnostyka genetyczna i biochemiczna

Diagnostyka zespołu Lescha-Nyhana opiera się na analizie biochemicznej oraz badaniach genetycznych. W pierwszej kolejności ocenia się poziom kwasu moczowego w surowicy i moczu, co pozwala na wykrycie hiperurykემii [1]. Specyficzne testy enzymatyczne obejmują pomiar aktywności HGPRT w leukocytach lub fibroblastach, co umożliwia potwierdzenie niedoboru enzymu [9].

Badania genetyczne obejmują sekwencjonowanie genu HPRT1 w celu identyfikacji mutacji. W rodzinach z obciążonym wywiadem możliwa jest diagnostyka prenatalna, polegająca na analizie DNA płodu, uzyskanego w wyniku amniopunkcji lub biopsji kosmówki [1].

Metody obrazowe, takie jak rezonans magnetyczny (MRI) oraz pozytonowa tomografia emisyjna (PET), pozwalają na ocenę zmian strukturalnych i czynnościowych w mózgu pacjentów z LNS. Badania neuroobrazowe wykazały nieprawidłowości w obrębie jąder podstawy, zwłaszcza w prążkowiu, co potwierdza kluczową rolę zaburzeń dopaminergicznych w patogenezie objawów neurologicznych [9].

2. Hipotonia noworodkowa i opóźnienie rozwoju

Pierwszym objawem klinicznym zespołu Lescha-Nyhana jest hipotonia noworodkowa, czyli obniżone napięcie mięśniowe. Noworodki dotknięte tym schorzeniem są mniej aktywne, wykazują trudności w ssaniu i połykaniu oraz cechują się słabymi odruchami [12]. W kolejnych miesiącach życia opóźnienie w rozwoju psychoruchowym staje się coraz bardziej widoczne. Dzieci dotknięte LNS nie osiągają typowych kamieni milowych, takich jak samodzielne siadanie, raczkowanie czy wstawanie [2].

Zaburzenia te są pierwszym sygnałem nieprawidłowego funkcjonowania układu nerwowego, jednak w początkowej fazie choroby mogą być mylone z innymi schorzeniami neurologicznymi, takimi jak mózgowe porażenie dziecięce [12]. Dopiero w późniejszym okresie, gdy pojawiają się charakterystyczne dla LNS objawy ruchowe i behawioralne, możliwe jest postawienie trafnej diagnozy [1].

2.1. Zaburzenia ruchowe: dystonia, spastyczność i atetoz

Jednym z kluczowych objawów zespołu Lescha-Nyhana są ciężkie zaburzenia ruchowe, wynikające z uszkodzenia zwojów podstawy mózgu [13]. Pacjenci cierpią na dystonię, czyli mimowolne i bolesne skurcze mięśni, prowadzące do nienaturalnych postaw ciała oraz trudności w wykonywaniu precyzyjnych ruchów [13].

W połączeniu z dystonią często rozwija się spastyczność, objawiająca się wzmożonym napięciem mięśniowym, które ogranicza zakres ruchów i prowadzi do sztywności kończyn [12].

Dodatkowym objawem jest atetoza, czyli powolne, nieskoordynowane ruchy kończyn, nasilające się w trakcie prób wykonywania czynności wymagających kontroli motorycznej [14]. Te zaburzenia, będące wynikiem neurochemicznych deficytów w obrębie układu dopaminergicznego, powodują, że większość pacjentów nie jest w stanie samodzielnie chodzić i wymaga stałej opieki w codziennym funkcjonowaniu [13].

2.2. Autoagresja jako charakterystyczny objaw behawioralny

Jednym z najbardziej charakterystycznych i destrukcyjnych objawów zespołu Lescha-Nyhana jest autoagresja [15]. Pacjenci często gryzą własne palce, wargi i inne części ciała, co prowadzi do poważnych obrażeń, krwawień i zakażeń. Autoagresja zazwyczaj pojawia się około drugiego roku życia i stopniowo się nasila, stając się jednym z najbardziej niepokojących aspektów choroby [14].

Mechanizm tego zjawiska nie jest w pełni poznany, jednak uważa się, że wynika on z dysfunkcji zwojów podstawy mózgu, odpowiadających za kontrolę impulsów [16]. Zaburzenia w układzie dopaminergicznym mogą prowadzić do nieprawidłowego przetwarzania bodźców sensorycznych, co skutkuje niekontrolowanymi atakami autoagresji [14].

Próby ograniczenia tych zachowań za pomocą metod fizycznych lub farmakologicznych często nie przynoszą oczekiwanych rezultatów, dlatego w praktyce stosuje się środki ochronne, takie jak rękawice czy ochraniacze na zęby, które minimalizują ryzyko poważnych obrażeń [13].

2.3. Zaburzenia poznawcze i psychiczne

U pacjentów z tym zespołem stwierdza się niepełnosprawność intelektualną o zróżnicowanym stopniu zaawansowania [14]. Trudności w koncentracji, osłabiona zdolność zapamiętywania oraz ograniczone możliwości rozwiązywania problemów wpływają na codzienne funkcjonowanie chorych [12]. Oprócz deficytów poznawczych pacjenci często cierpią na zaburzenia psychiczne, takie jak epizody depresyjne, silne lęki oraz zaburzenia obsesyjno-kompulsyjne [9]. Impulsywność i nieprzewidywalne zmiany nastroju mogą dodatkowo utrudniać ich opiekę [13]. U niektórych pacjentów obserwuje się także cechy autystyczne, w tym ograniczoną zdolność do interakcji społecznych oraz powtarzalne schematy zachowań [12].

2.4. Przykłady kliniczne

Opisy przypadków pacjentów z zespołem Lescha-Nyhana pokazują, jak różnorodne mogą być objawy tej choroby. Trzyletni chłopiec trafił do lekarza z powodu

nasilonych zaburzeń ruchowych oraz autoagresji. Jego rodzice zgłaszali, że dziecko gryzie własne palce i wargi, co prowadziło do licznych ran i infekcji. W badaniach metabolicznych wykazano znacznie podwyższone stężenie kwasu moczowego, co w połączeniu z objawami neurologicznymi pozwoliło na potwierdzenie diagnozy LNS [16].

Inny przypadek dotyczył piętnastoletniego pacjenta, u którego obok typowych objawów dystonii i spastyczności pojawiły się także epizody psychiatryczne. Nastolatek doświadczał omamów słuchowych oraz napadów silnego lęku, co wymagało wdrożenia terapii farmakologicznej i wsparcia psychologicznego [16].

Zdarzają się również łagodniejsze formy choroby, w których autoagresja jest mniej nasiloną. Siedmioletni chłopiec z mutacją *HPRT1* nie wykazywał typowej dla LNS autoagresji, jednak miał znaczne trudności w koordynacji ruchowej oraz opóźniony rozwój mowy. Takie przypadki sugerują możliwość istnienia spektrum nasilenia objawów w zależności od charakteru mutacji genetycznej [12].

3. Aspekty metaboliczne

3.1. Zaburzenia metabolizmu puryn

HGPRT odgrywa istotną rolę w szlaku reutilizacji puryn, umożliwiając przekształcanie hipoksantyny i guaniny w odpowiednie nukleotydy. U pacjentów z LNS proces ten jest upośledzony, co prowadzi do nadmiernego wytwarzania kwasu moczowego w wyniku degradacji puryn w szlaku katabolicznym [17]. Hiperurykemia skutkuje odkładaniem się kryształów moczanowych w tkankach, co może manifestować się jako dna moczanowa oraz kamica nerkowa [14]. Oprócz nadprodukcji kwasu moczowego dochodzi do zmniejszonej syntezy nukleotydów purynowych, co ma wpływ na liczne procesy komórkowe, w tym replikację DNA, syntezę RNA oraz funkcje mitochondriów [4]. Niedobór nukleotydów purynowych może przyczyniać się do rozwoju zaburzeń neurologicznych oraz dysfunkcji komórek nerwowych [17].

3.2. Konsekwencje metaboliczne

Podwyższony poziom kwasu moczowego niesie za sobą istotne konsekwencje kliniczne, w tym nefropatię moczanową, kamice nerkową oraz dnę moczanową [18]. U niemowląt jednym z pierwszych objawów metabolicznych może być obecność „pomarańczowego piasku” w pieluszcze, co wynika z krystalizacji moczanów [16]. Wraz z postępem choroby u pacjentów rozwijają się objawy neurologiczne i behawioralne, będące konsekwencją zaburzeń metabolicznych oraz niedoboru nukleotydów purynowych w ośrodkowym układzie nerwowym [12].

Nefropatia moczanowa może prowadzić do przewlekłej niewydolności nerek, co wymaga odpowiedniego leczenia nefroprotektoryjnego [18]. W przypadkach

zaawansowanej kamicy nerkowej i nawracających infekcji układu moczowego możliwe jest zastosowanie leczenia interwencyjnego, w tym procedur chirurgicznych [18].

Ponadto badania wykazały, że u pacjentów z LNS występują zaburzenia metaboliczne wpływające na homeostazę energetyczną komórek. Dysfunkcja mitochondriów prowadzi do zwiększonego stresu oksydacyjnego i zmniejszonej produkcji ATP, co może przyczyniać się do dalszego uszkodzenia neuronów oraz nasilenia objawów neurodegeneracyjnych [13]. Obserwowano również zmiany w metabolizmie lipidów oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu peroksysomów, co wskazuje na bardziej kompleksowy charakter zaburzeń metabolicznych w LNS [13].

3.3. Wpływ na neurotransmisję

Niedobór HGPRT wpływa nie tylko na metabolizm kwasu moczowego, ale również na neurotransmisję w ośrodkowym układzie nerwowym, zwłaszcza w zakresie układu dopaminergicznego [16]. Badania wykazują, że u pacjentów z LNS dochodzi do upośledzenia funkcji prążkowania, co prowadzi do dystonii oraz charakterystycznej autoagresji [12]. Zaburzenia syntezy dopaminy, wynikające z niedoboru puryn, przyczyniają się do dysfunkcji neurotransmisji i nasilają objawy neurologiczne [18].

3.4. Możliwości terapeutyczne

Leczenie zaburzeń metabolicznych w LNS koncentruje się na redukcji hiperurykemii poprzez stosowanie inhibitorów oksydazy ksantynowej, takich jak allopuryinol lub febuksostat [4]. Terapia ta skutecznie obniża poziom kwasu moczowego, zmniejszając ryzyko nefropatii oraz dny moczanowej, jednak nie wpływa na objawy neurologiczne, co wskazuje na bardziej złożone mechanizmy patogenetyczne choroby [2].

Nowe strategie terapeutyczne obejmują metody terapii genowej oraz podawanie prekursorów puryn, takich jak adenozyina i guanozyina w celu poprawy neurotransmisji i funkcji komórek nerwowych [4]. Eksperymentalne podejścia obejmują także terapie komórkowe i modulację enzymatyczną, które mogłyby w bardziej kompleksowy sposób wpływać na metabolizm purynowy [12]. Obiecujące wyniki badań sugerują, że nowe terapie mogą przyczynić się do poprawy funkcji neurobehavioralnych u pacjentów z LNS [2].

4. Farmakoterapia

Farmakoterapia stanowi podstawową metodę leczenia zespołu Lescha-Nyhana, koncentrując się głównie na redukcji nadmiernej produkcji kwasu moczowego oraz łagodzeniu objawów neurologicznych i behavioralnych.

Allopuryinol, inhibitor oksydazy ksantynowej, jest lekiem pierwszego wyboru, który hamuje przemianę hipoksantyny i ksantyny w kwas moczowy. Jego stosowanie pozwala na skuteczną kontrolę hiperurykemii, zmniejszając ryzyko dny

moczanowej, kamicy nerkowej i nefropatii moczanowej. Mimo swojej skuteczności w regulacji poziomu kwasu moczowego, allopurinol nie wpływa na zaburzenia neurologiczne i behawioralne, co wskazuje na konieczność stosowania terapii wspomagających [17].

4.1. Farmakoterapia objawowa w zakresie zaburzeń neurologicznych

Farmakoterapia objawowa w zakresie zaburzeń neurologicznych koncentruje się na łagodzeniu dystonii, spastyczności oraz nieprawidłowego napięcia mięśniowego. W tym celu stosowane są środki zmniejszające napięcie mięśniowe, takie jak baklofen – agonista receptorów GABA-B, tizanidyna – agonista receptorów α_2 -adrenergicznych, oraz diazepam – benzodiazepina o działaniu rozluźniającym i przeciwlękowym. W leczeniu objawowym wykorzystuje się również leki modulujące układ dopaminergiczny, w tym L-dopę oraz amantadynę, jednak ich skuteczność w zespole Lescha-Nyhana pozostaje ograniczona. W przypadku współwystępujących drgawek oraz dystonii zastosowanie znajduje kwas walproinowy [14].

Zachowania autoagresywne, takie jak gryzienie palców i warg czy uderzanie głową, wymagają farmakoterapii psychiatrycznej. Stosowanie selektywnych inhibitorów wychwytu zwrotnego serotoniny, takich jak fluoksetyna czy sertralina, pomaga w redukcji zachowań obsesyjno-kompulsyjnych oraz agresji. Neuroleptyki, takie jak risperidon i haloperydol, wykazują skuteczność w ograniczaniu impulsywności i zachowań destrukcyjnych [10].

4.2. Terapie eksperymentalne

Eksperymentalne metody leczenia zespołu Lescha-Nyhana koncentrują się na terapii genowej, enzymatycznej oraz strategiach farmakologicznych, mających na celu modulację metabolizmu puryn i poprawę funkcji neurologicznych. Terapia genowa, w tym edycja CRISPR-Cas9 oraz zastosowanie wektorów wirusowych (AAV, lentiwirusy), ma na celu przywrócenie funkcjonalności genu *HPRT1* i syntezy enzymu HPRT [4]. Chociaż badania przedkliniczne wykazały częściowe przywrócenie aktywności enzymatycznej, kluczowym wyzwaniem pozostaje skuteczność dostarczenia materiału genetycznego do neuronów i jego trwała ekspresja [19]. Terapia enzymatyczna opiera się na dostarczaniu rekombinowanego enzymu HPRT, lecz jej skuteczność ogranicza trudność w przenikaniu przez barierę krew-mózg. Badania nad PEGylacją oraz zastosowaniem nanocząsteczek lipidowych wskazują na możliwość poprawy biodostępności enzymu, choć efektywność neuroprotekcyjna pozostaje niepewna [20]. Dodatkowe strategie obejmują farmakologiczną modulację metabolizmu puryn poprzez inhibitory transportu nukleozydów oraz związki regulujące szlak adenozynowy. Neuroprotekcyjne właściwości wykazują również czynniki troficzne, takie jak BDNF, mogące wspierać funkcję neuronów w strukturach odpowiedzialnych za kontrolę napięcia mięśniowego [4]. Pomimo postępów żadna

z metod eksperymentalnych nie została wdrożona do praktyki klinicznej. Terapia genowa i enzymatyczna wykazują największy potencjał terapeutyczny, lecz wymagają dalszych badań nad ich skutecznością i bezpieczeństwem [20].

4.3. Postępowanie neurologiczne i rehabilitacja

Ze względu na znaczne ograniczenia ruchowe pacjentów, kluczową rolę w terapii odgrywa rehabilitacja. Regularna fizjoterapia pozwala na poprawę funkcji motorycznych, zapobieganie przykurczom oraz minimalizowanie skutków spastyczności. Stosuje się ćwiczenia rozciągające, wzmacniające oraz fizykoterapię, w tym ciepłolecznictwo i elektrostymulację. U niektórych pacjentów konieczne jest stosowanie ortez oraz specjalistycznych wózków inwalidzkich w celu poprawy mobilności. W przypadkach ciężkiej dystonii oraz nasilonych zachowań autoagresywnych rozważane jest zastosowanie głębokiej stymulacji mózgu (DBS) oraz iniekcji toksyny botulinowej w celu redukcji napięcia mięśniowego [17].

4.4. Aspekty psychologiczne i opieka długoterminowa

Zespół Lescha-Nyhana wiąże się również z poważnymi trudnościami emocjonalnymi i społecznymi, zarówno dla pacjentów, jak i ich rodzin. Kluczowe znaczenie ma zapewnienie wsparcia psychologicznego oraz wdrożenie terapii behawioralnej, ukierunkowanej na ograniczenie zachowań autoagresywnych. Wśród stosowanych strategii terapeutycznych znajdują się techniki modyfikacji zachowań oraz środki ochronne, takie jak rękawice zabezpieczające dłonie przed samookaleczeniem. Opieka paliatywna i wsparcie rodzinne odgrywają istotną rolę w długoterminowym postępowaniu u pacjentów z zespołem Lescha-Nyhana. Ze względu na postępujący charakter choroby pacjenci wymagają interdyscyplinarnej opieki specjalistycznej, obejmującej neurologów, fizjoterapeutów, psychologów oraz psychiatrów. Rodziny pacjentów powinny mieć zapewniony dostęp do grup wsparcia oraz poradnictwa genetycznego. W przypadkach znacznego pogorszenia stanu funkcjonalnego niezbędne jest rozważenie umieszczenia pacjenta w specjalistycznym ośrodku, zapewniającym kompleksową opiekę medyczną, rehabilitacyjną i psychologiczną [10].

Podsumowanie

Zespół Lescha-Nyhana (LNS) to rzadka choroba genetyczna związana z mutacjami w genie *HPRT1*, prowadząca do upośledzenia aktywności enzymu hipoksyantynowo-guaninowej fosforybozylotransferazy (HGprt). Objawy obejmują hiperurycemię, kamicę moczową, dystonię oraz charakterystyczne zachowania autoagresywne. W badaniu dotyczącym zarządzania kamicą nerkową u pacjentów z LNS wykazano, że leczenie wymaga utrzymania poziomu kwasu moczowego w surowicy w optymalnym zakresie, aby uniknąć zarówno skutków hiperurycemii, jak i ryzyka

ksantynurii. Kluczową rolę odgrywa allopurynol, który musi być odpowiednio dostosowany do pacjenta [17].

Kolejne badanie wskazuje na znaczenie analizy genetycznej w diagnostyce LNS. W badaniu przeprowadzonym na 139 pacjentach wykazano, że ciężkość fenotypu choroby koreluje z typem mutacji w genie *HPRT1*. Pacjenci z mutacjami prowadzącymi do całkowitej utraty aktywności enzymu wykazują najcięższą postać LNS, podczas gdy u osób z mutacjami missensownymi przebieg choroby jest łagodniejszy [10].

Korelacja między genotypem a fenotypem u pacjentów z LNS została również opisana w innym badaniu, gdzie podkreślono, że mutacje predysponujące do całkowitej utraty aktywności enzymu prowadzą do najcięższej postaci choroby, podczas gdy resztkowa aktywność enzymu może skutkować łagodniejszym przebiegiem klinicznym [9].

Badania te podkreślają konieczność precyzyjnej diagnostyki genetycznej oraz indywidualnego podejścia terapeutycznego, uwzględniającego zarówno kontrolę poziomu kwasu moczowego, jak i potencjalne terapie ukierunkowane na objawy neurologiczne i behawioralne.

Bibliografia

1. Jinnah, H.A., Gage, F.H., Friedmann, T. (1990). Animal models of Lesch-Nyhan syndrome. *Brain Research Bulletin*, 25(3): 467–475. doi: 10.1016/0361-9230(90)90239-v.
2. Zizzo, M.G. et al. (2018). Altered gastrointestinal motility in an animal model of Lesch-Nyhan disease. *Autonomic Neuroscience*, 210: 55–64. doi: 10.1016/j.autneu.2017.12.007.
3. Vinokurov, A. et al. (2023). HPRT1 Deficiency Induces Alteration of Mitochondrial Energy Metabolism in the Brain. *Molecular Neurobiology*, 60(6): 3147–3157. doi: 10.1007/s12035-023-03266-2.
4. Torres, R.J., Puig, J.G. (2007). Hypoxanthine-guanine phosphoribosyltransferase (HPRT) deficiency: Lesch-Nyhan syndrome. *Orphanet Journal Rare Diseases*, 2, 48. doi: 10.1186/1750-1172-2-48.
5. Lesch, M., Nyhan, W.L. (1964). A familial disorder of uric acid metabolism and central nervous system function. *American Journal of Medicine*, 36(4): 561–570.
6. Guibinga, G.H. et al. (2013). Deficiency of the purine metabolic gene HPRT dysregulates microRNA-17 family cluster and guanine-based cellular functions: a role for EPAC in Lesch-Nyhan syndrome. *Human Molecular Genetics*, 22(22): 4502–4515. doi: 10.1093/hmg/ddt298.
7. Blau, N. (2001). *Physician's guide to the diagnosis, treatment, and follow-up of inherited metabolic diseases*. Springer.
8. Guibinga, G.H. (2015). MicroRNAs: tools of mechanistic insights and biological therapeutics discovery for the rare neurogenetic syndrome Lesch-Nyhan disease (LND). *Advances in Genetics*, 90: 103–131. doi: 10.1016/bs.adgen.2015.06.001.

9. Escudero-Ferruz, P. (2024). A new physiological medium uncovers biochemical and cellular alterations in Lesch-Nyhan disease fibroblasts. *Molecular Medicine*, 30(1): 3. doi: 10.1186/s10020-023-00774-8.
10. Cegallo-Picot, I. et al. (2015). New biomarkers for early diagnosis of Lesch-Nyhan disease revealed by metabolic analysis on a large cohort of patients. *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 10: 7. doi: 10.1186/s13023-014-0219-0.
11. Tylki-Szymańska, A., Jurecka, A. (2014). Lysosomal acid lipase deficiency: wolman disease and cholesteryl ester storage disease. *Pril (Makedon Akad Nauk Umet Odd Med Nauki)*, 35(1): 99–106.
12. Jinnah, H.A. et al. (2006). Delineation of the motor disorder of Lesch-Nyhan disease. *Brain*, 129(5): 1201–1217. doi: 10.1093/brain/awl056.
13. Sampat, R. (2011). Mechanisms for phenotypic variation in Lesch-Nyhan disease and its variants. *Human Genetics*, 129(1): 71–78. doi: 10.1007/s00439-010-0901-9.
14. Fu, R. (2014). Genotype-phenotype correlations in neurogenetics: Lesch-Nyhan disease as a model disorder. *Brain*, 137(5): 1282–1303. <https://doi.org/10.1093/brain/awt202>.
15. Jinnah, H.A. et al. (2004). The Spectrum of Mutations Causing HPRT Deficiency: An Update. *Nucleosides Nucleotides Nucleic Acids*, 23(8–9): 1153–1160. <https://doi.org/10.1081/NCN-200027400>.
16. Javed, S. et al. (2025). Unleashing the Power of Induced Pluripotent stem Cells in in vitro Modelling of Lesch-Nyhan Disease. *Stem Cell Review and Reports*, 21: 304–318. doi: 10.1007/s12015-024-10821-4.
17. Meagher, A.F., Bechis, S.K. (2020). Recurrent Xanthine Stones in a Young Patient with Lesch-Nyhan Syndrome. *Journal of Endourology Case Report*, 6(4): 268–270. doi: 10.1089/cren.2020.0046.
18. Jinnah, H.A. et al. (2010). Attenuated variants of Lesch-Nyhan disease. *Brain*, 133(3): 671–689. doi: 10.1093/brain/awq013.
19. Jinnah, H.A., Friedmann, T. (1995). Gene therapy and the brain. *British Medical Bulletin*, 51(1): 138–148. doi: 10.1093/oxfordjournals.bmb.a072943.
20. Edwards, N.L. et al. (1984). Enzyme replacement in the Lesch-Nyhan syndrome with long-term erythrocyte transfusions. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 165: 23–26. doi: 10.1007/978-1-4684-4553-4_5.

Znaczenie mutacji genu *LRRK2* w chorobie Parkinsona

Streszczenie

Choroba Parkinsona (PD) to neurodegeneracyjne schorzenie o złożonej etiologii, obejmującej zarówno czynniki środowiskowe, jak i genetyczne. Jednym z kluczowych genów zaangażowanych w patogenezę PD jest *LRRK2*, kodujący wielodomenową kinazę seryno-wo-treoninową. Mutacja G2019S w *LRRK2* stanowi najczęstszą genetyczną przyczynę PD, prowadząc do nadmiernej aktywności kinazy i zaburzeń funkcjonowania neuronów (Tolsa, 2020). Celem niniejszej pracy jest analiza roli *LRRK2* w patogenezie choroby Parkinsona oraz ocena potencjalnych strategii terapeutycznych ukierunkowanych na hamowanie jego aktywności. W oparciu o przegląd najnowszych badań naukowych przeprowadzono analizę mechanizmów działania *LRRK2* oraz skuteczności inhibitorów kinazy i terapii genowych jako możliwych metod leczenia PD. Dostępne wyniki badań sugerują, że celowana inhibicja *LRRK2* może stanowić obiecującą strategię terapeutyczną dla pacjentów z mutacją G2019S. Jednak konieczne są dalsze badania w celu określenia długoterminowej skuteczności i bezpieczeństwa takich terapii. Pogłębienie wiedzy na temat funkcji *LRRK2* może przyczynić się do opracowania bardziej efektywnych metod leczenia choroby Parkinsona i innych chorób neurodegeneracyjnych (Tolsa, 2020).

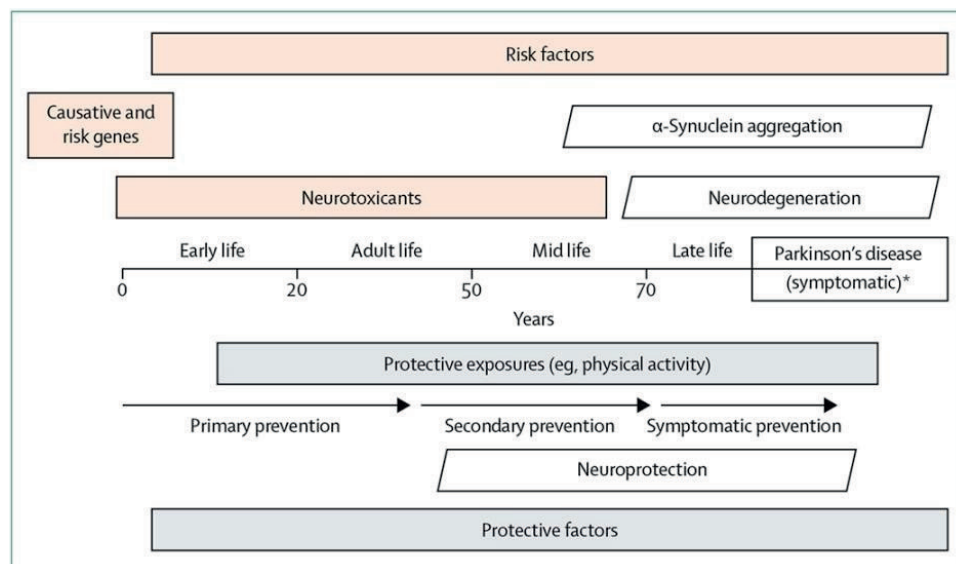
Słowa kluczowe: choroba Parkinsona, *LRRK2*, mutacja G2019S, kinaza, terapie celowane

¹ Studenci Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej, Studenckie Koło Naukowe Biologii Molekularnej

Wprowadzenie

Choroba Parkinsona (PD) jest chorobą wieloukładową, w przebiegu której charakterystyczne jest odkładanie białka alfa-synleukiny w ośrodkowym układzie nerwowym i obwodowym układzie nerwowym, ma ona charakter neurodegeneracyjny. Objawy kliniczne choroby są niejednorodne, obejmują cechy motoryczne i cechy psychosomatyczne, lecz każda osoba chora wykształca unikalny zestaw objawów. Choroba Parkinsona jest zależna od wielu czynników, w tym czynników genetycznych, czynników środowiskowych oraz czynników ochronnych. Występuje ona najczęściej u osób starszych i mężczyzn (Langston, 2017).

Rysunek 1. Schemat przedstawiający, w jaki sposób czynniki ryzyka oraz czynniki ochronne mogą wpływać na neuropatologię i rozwój choroby Parkinsona



Źródło: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11123577/figure/F1/> [dostęp: 20.02.2025].

1. Etiologia

Etiologia choroby Parkinsona przez długi czas była ciężka do określenia, gdyż wywołuje ją wiele czynników. Wykluczając wpływ genetyki oraz starzenia się, pozostaje jeszcze wpływ środowiska, które również przyczynia się do rozwoju choroby Parkinsona. Już w 1983 roku uznano czynniki środowiskowe za sprzyjające rozwojowi choroby Parkinsona.

Doktor Langston razem ze swoimi współpracownikami opisał grupę pacjentów z ostrym zespołem parkinsonowskim po wcześniejszym stosowaniu

1-metylo-4-fenyl-1,2,3,6-tetrahydropirydyny (MPTP), która jest ubocznym produktem syntezy 1-metylo-4-fenyl-4-propionoksy-piperydyny (MPPP). Sekcja zwłok jednego z pacjentów, który nadużywał narkotyków, wykazała zmiany patologiczne podobne do choroby Parkinsona w stwardnieniu rozsianym, gdzie zaobserwowano zaokrąglone eozynofilowe inkluzje przypominające ciała Lewy'ego. Wykonane w dalszej kolejności badania wykazały, iż MPTP może przekraczać barierę krew-mózg i jest metabolizowany do MPP+, który wykazuje bardzo wysokie powinowactwo do transporterów dopaminy, co w późniejszym czasie powoduje uszkodzenie neuronów poprzez hamowanie funkcji mitochondriów. Liczne badania epidemiologiczne wykazują poważny wpływ pestycydów, takich jak paraquat, rotenon czy chlorowane węglowodory na rozwój choroby Parkinsona. Zaburzenia gospodarki jonowej, np. jonów żelaza i manganu, również wpływają na rozwój choroby Parkinsona. Ważnym aspektem, który na przestrzeni lat jest coraz częściej poruszany, jest oddziaływanie zaburzenia mikrobiomu jelit i infekcji wirusowych na rozwój choroby Parkinsona.

Najczęstszą przyczyną rodzinnej choroby Parkinsona jest mutacja w genie *LRRK2* kodująca białko, kinazę bogatą w leucynę 2 (kinaza o aktywności serynowo-treoninowej). Mutacja tego genu jest wiązana z częścią spontanicznych przypadków choroby Parkinsona, gdyż pod względem klinicznym niemożliwe jest rozróżnienie przyczyn choroby. W tej pracy podsumujemy kluczowe doniesienia naukowe dotyczące funkcji *LRRK2* oraz integracji *LRRK2* z cytoszkieletem, poświęcając szczególną uwagę mutacjom tego genu i ich wpływowi na rozwój i powstanie choroby Parkinsona (Zimprich, 2004).

Celem przeglądu jest podsumowanie wybranych doniesień naukowych na temat wpływu mutacji genu *LRRK2* na rozwój i powstanie choroby Parkinsona dla ukie-
runkowania dalszych badań nad tym genem oraz potencjalnych metod leczenia.

2. Gen *LRRK2*

2.1. Lokalizacja i struktura genu *LRRK2*

Gen *LRRK2* zlokalizowany jest cytogenetycznie na chromosomie 12q12 o współrzędnych genomycznych GRCh38: **12:40,224,997-40,369,285**. Jest on genem autosomalnym dominującym. Gen *LRRK2* koduje białko o skomplikowanej strukturze, składającej się rzekomo z pięciu domen funkcjonalnych: domeny N-końcowej, zawierającej duże pokłady leucyny (LRR), domeny Roc (*Ras of complex protein*), dzielącej homologię sekwencji z superrodziną GTPa z powiązaną z Ras, domeny COR (C-końcową Roc), domeny kinazy białkowej, która jest aktywowana mitogenem (MAPKKK) oraz domeny C-końcowej powtarzającej się WD40. Zimprich i in. (2004) ustalili, że gen *LRRK2* zawiera 51 eksonów o rozmiarze 144 kb (Tolosa, 2020; Liu, 2018).

2.2. Białko *LRRK2* – funkcje i mechanizmy działania

Białko *LRRK2* to wielodomenowa kinaza serynowo-treoninowa, odgrywająca kluczową rolę w regulacji procesów komórkowych, takich jak transport pęcherzykowy, autofagia oraz odpowiedź zapalna. Mutacje w genie *LRRK2*, zwłaszcza G2019S, są najczęstszą genetyczną przyczyną choroby Parkinsona, prowadząc do nadmiernej aktywności kinazowej i zaburzeń funkcji neuronalnych. W ostatnich latach badania koncentrują się na zrozumieniu mechanizmów działania *LRRK2* oraz opracowaniu terapii celowanych (Liu, 2018; Langston, 2017).

Wykazano potencjał inhibitorów kinazy *LRRK2* jako obiecujących w leczeniu choroby Parkinsona. Ponadto na przestrzeni lat wykazano, iż inhibicja *LRRK2* odwraca efekty mutacji G2019S na progresję patologii tau, co sugeruje potencjalne korzyści terapeutyczne w kontekście chorób neurodegeneracyjnych. Zrozumienie funkcji i mechanizmów działania *LRRK2* jest kluczowe dla opracowania skutecznych terapii celowanych w leczeniu choroby Parkinsona oraz innych schorzeń neurodegeneracyjnych (Chen, 2018).

2.3. Znane mutacje genu *LRRK2* i ich wpływ na funkcję białka

Tabela 1. Najważniejsze mutacje patogenne genu *LRRK2* (istotne w chorobie Parkinsona) i ich wpływ na funkcję białka *LRRK2*

Mutacja	Pozycja w genie	Typ mutacji	Zmiana aminokwasu	Wpływ na funkcję białka <i>LRRK2</i>
G2019S	Exon 41	Substytucja	Glicyna na serynę	Zwiększa aktywność kinazy <i>LRRK2</i>
R1441C/G/H	Exon 31	Substytucja	Arginina na cysteinę, glicynę lub histydynę	Zaburza funkcję domeny GTPazy, skutkuje nadmierną aktywacją kinazy
Y1699C	Exon 41	Substytucja	Tyrozyna na cysteinę	Zwiększa aktywność kinazy <i>LRRK2</i>
I2020T	Exon 41	Substytucja	Izoleucyna na treoninę	Zwiększa aktywność kinazy <i>LRRK2</i>
N1437H	Exon 40	Substytucja	Asparagina na histydynę	Zwiększa aktywność kinazy <i>LRRK2</i>
G2385R	Exon 41	Substytucja	Glicyna na argininę	Zwiększa aktywność kinazy <i>LRRK2</i>

Źródło: opracowanie własne.

3. Mutacje *LRRK2* i ich związek z chorobą Parkinsona

3.1. Mechanizmy patogenetyczne związane z mutacjami

Mutacja G2019S stabilizuje aktywną formę *LRRK2*, czego wynikiem jest 2–3-krotne zwiększenie się aktywności kinazowej względem zmienionego typu białka. Nadprogramowa fosforylacja białek docelowych zaburza ich poprawne funkcjonowanie i może skutkować dysfunkcją neuronalną. Zwiększona aktywność *LRRK2* zakłóca poprawne działanie szlaku autofagii, skutkując akumulacją nieprawidłowych białek, jak na przykład α -synukleina. Zgromadzone białka mogą spowodować powstawanie ciałek Lewy'ego. Mutacja G2019S ingeruje w poprawne funkcjonowanie mitochondrium, zwiększając stres oksydacyjny i obniżając produkcję energii, przez co zwiększa się podatność neuronów dopaminergicznych na uszkodzenia i apoptozę (Lee, 2020). Badania wykazują, iż mutacja G2019S skutkuje zwiększoną zdolnością komórek mieloidalnych do chemotaksji oraz pobudza wiązanie się *LRRK2* z białkami regulującymi aktywność. Dlatego możliwe jest, że mutacja wpływa na dezorganizację cytoszkieletu komórek, powodując istotne błędy w funkcjonowaniu synaptycznym oraz transporcie wewnątrzkomórkowym. Mutacja G2019S może doprowadzić do zaburzeń w funkcjonowaniu różnych szlaków sygnalizacyjnych, czego wynikiem są zaburzenia proliferacji komórek, różnicowania się oraz przeżywalności neuronów. Zaburzenia te mogą skutkować degradacją neuronów dopaminergicznych (Liu, 2018).

Mutacja R1441C/G/H powoduje zaburzenia hydrolizy GTP i zwiększenie wiązania GTP przez *LRRK2*. Ten brak równowagi między GTP a GDP skutkuje zwiększeniem aktywności kinazowej *LRRK2*, która może doprowadzić do fosforylacji nieprawidłowych substratów i zakłóceń w szlakach sygnałowych neuronów. R1441C/G/H prowadzi do zakłóceń w fosforylacji *LRRK2* przez kinazę zależną do cAMP (PKA) w pozycji S1444. Proces tej fosforylacji jest istotną częścią wiązania się *LRRK2* z białkami, które odpowiedzialne są za jego aktywność i lokalizację. Brak tej interakcji doprowadza do deregulacji funkcjonowania *LRRK2*. Badania przeprowadzone na myszach posiadających mutacje R1441C/G/H wskazują na patologie w uwalnianiu dopaminy i osłabieniu funkcji receptorów D2. Mimo braku zaobserwowania dużych zmian degeneracyjnych neuronów dopaminergicznych zmniejszona neurotransmisja może świadczyć o wczesnym etapie patologii prowadzącej do choroby Parkinsona. Transgeniczne myszy z mutacją R1441C z upływem czasu wykazują braki motoryczne oraz braki neuronów dopaminergicznych w istocie czarnej. Po wykonanych analizach ekspresji genów zauważono zwiększenie aktywności genów odpowiedzialnych za śmierć komórek oraz zmniejszenie ekspresji genów związanych z neurogenezą i neuroprotekcją. Mutacja R1441C/G/H zaburza szlaki sygnałowe, które wpływają na

poprawne funkcjonowanie neuronów. Zaburzenia te obejmują m.in. upośledzenie autofagii, dysfunkcję mitochondriów oraz stres oksydacyjny, powodując degenerację neuronów dopaminergicznych (Chen, 2017).

Mutacja Y1699C skutkuje deficytem aktywności GTPazowej *LRRK2*, czego wynikiem jest akumulacja formy związanej z GTP. Ta patologia może prowadzić do zaburzeń funkcji sygnalizacyjnej białka i przyczyniać się do patologii obserwowanych w chorobie Parkinsona. Mutacja Y1699C wzmacnia również wewnątrzcząsteczkową interakcję pomiędzy domenami ROC i COR, i tym samym osłabia dimeryzację cząsteczek *LRRK2* w regionie ROC-COR. Dimeryzacja jest istotnym etapem w poprawnym funkcjonowaniu GTPazy, a jej zaburzenie może doprowadzić do patologii białka (Zhu, 2024).

Mutacja I2020T powoduje znaczny przyrost aktywności kinazowej *LRRK2*, czego wynikiem jest zwiększona autofosforylacja białka – około 40%. Zbyt wysoka fosforylacja może skutkować zaburzeniami istotnych szlaków sygnalizacyjnych w neuronach, doprowadzając do dysfunkcji i degeneracji tych neuronów. Badania wykazały, że mutacja I2020T jest powiązana z nieprawidłową fosforylacją białka tau w pniu mózgu pacjentów chorych na chorobę Parkinsona. W modelach komórkowych związanych z ekspresją *LRRK2* z mutacją I2020T pojawiała się zwiększona fosforylacja tau, co potwierdza przypuszczenia, że przyczynia się ona do patologii tau. Mutacja I2020T wykazuje zmienną ekspresję neuropatologiczną, niektórzy pacjenci posiadają ciała Lewy'ego i tracą neurony w istocie czarnej, w porównaniu do grupy pacjentów, którzy posiadają dominację patologii tau bez obecności ciałek Lewy'ego (Lee, 2020).

Mutacja N1437H działa na aktywność GTPazową *LRRK2*, czego skutkiem mogą być zaburzenia hydrolizy GTP. To natomiast może powodować zmiany aktywności kinazowej białka, zaburzając fosforylację substratów i działanie szlaków sygnałowych neuronów. Mutacja N1437H powoduje zmiany aktywności enzymatycznej *LRRK2*, które prowadzą do dysfunkcji neuronalnej – zaburzeń w transporcie wewnątrzkomórkowym, autofagii oraz funkcjonowania mitochondriów. Te nieprawidłowości mogą doprowadzić do zwiększonego stresu oksydacyjnego i podatności neuronów dopaminergicznych na degenerację. Ze względu na rzadkość występowania mutacji N1437H dostępne dane są ograniczone. Dalsze badania są niezbędne do pełnego zrozumienia mechanizmów patogenetycznych związanych z tą mutacją i jej roli w rozwoju choroby Parkinsona (Williamson, 2021).

Mutacja G2385R powoduje zamianę glicyny na argininę w pozycji 2385, co wpływa na strukturę domeny WD40. Domena ta ma istotny wpływ na interakcje białka *LRRK2* z innymi białkami oraz organellami komórkowymi. Zmiany w strukturze tego białka mogą powodować nieprawidłowe interakcje z innymi białkami oraz skutkować problemami ze szlakami sygnalizacyjnymi neuronów

dopaminergicznych. Badania wykazały, że mutacja G2385R prowadzi do obniżenia aktywności kinazowej *LRRK2*. Deficyt aktywności kinazowej może powodować niepoprawność fosforylacji istotnych substratów, takich jak białka zaangażowane w dynamikę cytoszkieletu, transport pęcherzykowy czy autofagię. Patologie te mogą przyczyniać się do dysfunkcji neuronalnej. Mutacja G2385R powoduje zwiększenie podatności komórek na stres oksydacyjny czy też inne rodzaje stresu komórkowego. Powodem tego może być upośledzenie przez mutacje poprawnego funkcjonowania mitochondriów oraz poprawnego radzenia sobie komórki z patologicznymi białkami i organellami. W konsekwencji neurony dopaminergiczne stają się bardziej podatne na degenerację. Mutacja ta zakłóca również poprawne funkcjonowanie szlaków sygnałowych, takich jak szlak związany z białkiem mTOR, który wpływa na wzrost komórek, proliferację i przeżycie. Deregulacja tego szlaku może przyczyniać się do zaburzeń w homeostazie neuronalnej i promować procesy neurodegeneracyjne (Wojewska, 2020, 2021).

3.2. Częstotliwość występowania poszczególnych mutacji genu *LRRK2* w zależności od grupy etnicznej i szerokości geograficznej

Warianty G2019S, R1441C/G/H, Y1699C, I2020T, N1437H mutacji genu *LRRK2* są klasyfikowane jako mutacje najwyższego poziomu ryzyka klinicznego, co jednak nie świadczy o tym, że każdy nosiciel zachoruje na chorobę Parkinsona. Wariant G2385R oraz większość pozostałych wariantów są klasyfikowane jako potencjalnie patogenne lub warianty nieistotne klinicznie. Wariant G2019S jest najczęstszym wariantem mutacji, odpowiada on za ponad 1% mutacji w chorobie Parkinsona w 26 z 51 ujętych w analizach rasowych. Występuje on najczęściej u Żydów aszkenazyjskich oraz północnoafrykańskich Arabów berberskich. Pozostałe warianty mutacji genu w porównaniu z wariantem G2019S występują w znacznie mniejszej ilości przypadków. Z badań wynika, że wariant R141G występuje najczęściej wśród osób pochodzenia baskijskiego, natomiast G2385R i R1628P występują najczęściej wśród ludności Azji Wschodniej. Warto zaznaczyć, że przedstawione dane są szacunkowe, ponieważ ze względu na zmniejszony dostęp do opieki zdrowotnej i badań naukowych w niektórych regionach świata, nie da się rzetelnie zebrać danych na opisywany temat (Wojewska, 2021).

[illegible]

Nie odnaleziono informacji ani badań odnoszących się do porównania mutacji *LRKK2* z innymi mutacjami, potencjalnie powodującymi lub wpływającymi na rozwój choroby Parkinsona, oraz wzajemnym oddziaływaniu innych mutacji i mutacji w genie *LRKK2* na siebie.

4.1. Wpływ mutacji na funkcję mitochondriów i stres oksydacyjny

Nagromadzenie takich inkluzji może mieć istotny wpływ na funkcję mitochondriów. Wiadomo, że mitochondrialna homeostaza jest ściśle związana z jakością białek wewnątrzkomórkowych oraz procesami ich degradacji. Zaburzenia w tym zakresie mogą prowadzić do dysfunkcji mitochondriów, w tym do nieprawidłowego

transportu elektronów i nadmiernej produkcji reaktywnych form tlenu (ROS), co zwiększa stres oksydacyjny i uszkadza neurony dopaminergiczne. Dodatkowo badania pośmiertne tkanki mózgowej pacjentów z chorobą Parkinsona (zarówno sporadyczną, jak i związaną z mutacją *LRRK2* G2019S) wykazały obecność agregatów zawierających NSF w zwojach podstawnych. Ich akumulacja może zaburzać funkcję mitochondriów i prowadzić do zwiększonej podatności neuronów na stres oksydacyjny oraz śmierć komórkową (Wojewska, 2021).

4.2. Dysfunkcja autofagii i szlaki degradacji białek

Mutacje w genie *LRRK2* prowadzą do zaburzeń autofagii i degradacji białek, co aktywuje szlaki zapalne, takie jak szlak NF- κ B oraz inflamasom NLRP3. Dysfunkcja autofagii w wyniku mutacji *LRRK2* powoduje gromadzenie uszkodzonych białek i organelli, w tym mitochondriów, nasilając stres oksydacyjny, i prowadzi do aktywacji szlaku NF- κ B. Aktywacja NF- κ B skutkuje zwiększoną ekspresją cytokin prozapalnych, takich jak TNF- α , IL-1 β i IL-6, wywołując przewlekły stan zapalny w mózgu. Z kolei uszkodzenie mitochondriów związane z deficytami autofagii uruchamia inflamasom NLRP3, co prowadzi do uwolnienia IL-1 β i IL-18, nasilając odpowiedź zapalną. Opisane wyżej nasilenia stanu zapalnego wywołane mutacjami genu *LRRK2* przyczyniają się do degeneracji neuronów dopaminergicznych (Dou, 2023).

4.3. Wpływ na cytoszkielet neuronów i transport wewnątrzkomórkowy

Mikrotubule, filamenty aktynowe i neurofilamenty są głównymi składnikami cytoszkieletu, zapewniają mu stabilność strukturalną i pozwalają na transport wewnątrzkomórkowy. Mutacja *LRRK2* powoduje zaburzenia fosforylacji białek związanych z cytoszkieletem, wynikiem tych nieprawidłowości jest destabilizacja mikrotubul oraz zaburzony transport aksonalny. Oprócz tego *LRRK2* wpływa na filamenty aktynowe, oddziałując na morfologię dendrytów i synaps. Również *LRRK2* pełni istotną rolę w transporcie wewnątrzkomórkowym, regulując funkcje białek z rodziny Rab GTPaz. Zbyt wysoka fosforylacja Rab przez *LRRK2* doprowadza do zaburzeń w transporcie endosomów i lizosomów, skutkując akumulacją patologicznych białek, jak α -synukleina, które są charakterystycznymi białkami w patologii choroby Parkinsona. Mutacja *LRRK2* działa na funkcjonowanie mitochondriów przez wpływ na białka, takie jak Miro1, czego skutkiem jest zaburzony transport wzdłuż mikrotubul, i doprowadza do deficytu energetycznego oraz stresu oksydacyjnego w neuronach (Dou, 2023; Kumar, 2020).

4.4. Oddziaływanie *LRRK2* z α -synukleina

Mutacje w genie *LRRK2* są jedną z najczęstszych przyczyn genetycznych choroby Parkinsona. Białko α -synukleina jest istotną częścią patogenezы choroby

Parkinsona, tworząc akumulaty w postaci ciałek Lewy'ego. Badania wykazują zależność między mutacją *LRRK2* a α -synukleina, wpływającą na jej agregację i toksyczność. Badania analiz mózgowych pacjentów ze stwierdzoną chorobą Parkinsona wykazały, że poziomy *LRRK2* są dodatnio powiązane ze wzrostem fosforylacji i agregacji α -synukleiny w regionach mózgu takich jak ciało migdałowe i kora zakrętu obręczy. Przy okazji zauważono współwystępowanie tych dwóch białek w neuronach i ciałkach Lewy'ego. Analizy *in vitro* potwierdziły molekularną zależność między *LRRK2* a α -synukleina w warunkach endogennych i w nadekspresji. W modelach komórkowych formowania inkluzji α -synukleiny *LRRK2* współlokalizuje z tymi strukturami, a jego obniżenie sprzyja powstawaniu liczniejszych, lecz mniejszych inkluzji. Mutacja G2019S w *LRRK2* jest najczęstszą formą mutacji, prowadzącą do nadmiernej aktywności kinazy, skutkującej nasileniem toksyczności α -synukleiny. Badania wykonywane na komórkach zwierzęcych skutkowały stwierdzeniem, że obecność mutacji G2019S zwiększa mobilność i tworzenie inkluzji α -synukleiny. Inne eksperymenty wykazują, że mutacja *LRRK2* wpływa na metabolizm α -synukleiny poprzez modyfikowanie szlaków endosomalno-lizosomalnych oraz autofagii, skutkując zaburzeniami degradacji i akumulacji α -synukleiny. Współdziałanie *LRRK2* z α -synukleina jest skomplikowane w patogenezie choroby Parkinsona. W niektórych przypadkach pacjentów z tą mutacją nie obserwuje się obecności ciałek Lewy'ego, co sugeruje, że *LRRK2* może wywoływać neurodegenerację niezależnie od agregacji α -synukleiny. Mimo to dowody współdziałania tych białek wskazują na potencjalny synergiczny mechanizm uszkodzenia neuronów w chorobie Parkinsona (Kumar, 2020; Alessi, 2024).

5. Diagnostyka i możliwości terapeutyczne związane z *LRRK2*

5.1. Rola badań genetycznych w diagnostyce PD

Istotną rolę w diagnostyce choroby Parkinsona pełnią badania genetyczne związane z mutacją genu *LRRK2*. Najczęstszą mutacją jest G2019S, która jest najistotniejszym czynnikiem rodzinnej postaci choroby Parkinsona. Identyfikacja mutacji *LRRK2* poprzez testy genetyczne pozwala na wczesne wykrycie choroby, ocenę ryzyka oraz dostosowanie strategii terapeutycznych. Najważniejszymi możliwościami, jakie dają nam badania genetyczne, są: wczesne wykrycie mutacji w genie *LRRK2* jeszcze przed pojawieniem się objawów klinicznych, umożliwia nam to wdrożenie działań prewencyjnych oraz regularne monitorowanie stanu zdrowia pacjenta oraz badania genetyczne pozwalają na szybką ocenę ryzyka wystąpienia choroby Parkinsona w rodzinach obciążonych genetycznie przez mutację *LRRK2* (Williamson, 2023; Zhu, 2024).

6. Potencjalne metody terapeutyczne PD związane z mutacjami genu *LRRK2*

- Pierwsza z metod terapii PD wykorzystuje inhibitory kinazy *LRRK2*. Inhibitory kinazy *LRRK2* mają na celu zmniejszenie aktywności kinazy. Przykładem jest witamina B12 w formie adenozylokobalaminy (AdoCbl), która hamuje aktywność *LRRK2*, działając jako inhibitor allosteryczny. Badania wykazały, że AdoCbl może zapobiegać neurotoksyczności związanej z mutacjami *LRRK2*, co sugeruje jej potencjalne zastosowanie terapeutyczne.
- Terapia genowa. Wprowadzenie prawidłowej kopii genu lub modyfikacja istniejącego genu *LRRK2* za pomocą wektorów wirusowych stanowi obiecującą strategię terapeutyczną. Przykładem jest zastosowanie terapii genowej wprowadzającej enzym dekarboksylazę aminokwasów aromatycznych (AADC) do mózgu, co umożliwia konwersję L-DOPY do dopaminy, redukując objawy choroby (Sabnis, 2022).
- Leki modulujące ekspresję *LRRK2*. Badania wskazują na możliwość zastosowania leków, takich jak itanapraced, które zmniejszają ekspresję genu *LRRK2*. Itanapraced, pierwotnie testowany jako potencjalny lek na chorobę Alzheimera, wykazał zdolność do hamowania aktywności *LRRK2*, co może mieć zastosowanie w leczeniu choroby Parkinsona związanej z mutacjami tego genu. Jest to obiecujący kierunek dalszych badań nad terapiami PD. Metoda ta umożliwiłaby leczenie choroby, bez konieczności modyfikacji genetycznych, co znacząco uprościłoby proces leczenia.
- Modulacja szlaków sygnałowych. Badania nad mechanizmami molekularnymi związanymi z *LRRK2* mogą prowadzić do opracowania terapii celujących w specyficzne szlaki sygnałowe, co pozwoli na precyzyjniejsze i skuteczniejsze leczenie choroby Parkinsona.

Bibliografia

- Alessi, D.R., Pfeiffer, S.R. (2024). Leucine-Rich Repeat Kinases. *Annual Review of Biochemistry*, 93: 261–287. doi: 10.1146/annurev-biochem-030122-051144. PubMed PMID: 38621236.
- Chen, J., Su, P., Luo, W., Chen, J. (2018). Role of LRRK2 in manganese-induced neuroinflammation and microglial autophagy. *Biochemical and Biophysical Research Communication*, 498(1): 171–177. doi: 10.1016/j.bbrc.2018.02.007. PubMed PMID: 29408508.
- Dou, D., Smith, E.M., Evans, Ch.S., Boecker, C.A., Holzapaur, E.L.F. (2023). Regulatory imbalance between LRRK2 kinase, PPM1H phosphatase, and ARF6 GTPase disrupts the axonal transport of autophagosomes. *Cell Reports*, 42(5): 112448. doi: 10.1016/j.celrep.2023.112448.

- Kumar, R., Kumar, R., Khurana, N., et al. (2022). Improved neuroprotective activity of Fisetin through SNEDDS in ameliorating the behavioral alterations produced in rotenone-induced Parkinson's model. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(33): 50488–50499. doi: 10.1007/s11356-022-19428-z. PubMed PMID: 35230633
- Langston, J.W. (2017). The MPTP story. *Journal of Parkinsons Displease*, 7(1): 11–19. doi: 10.3233/JPD-179006. PubMed PMID: 28282815.
- Lee, G., Park, J. (2020). LRRK2 and alpha-Synuclein: Distinct or Synergistic Players in Parkinson's disease? *Frontiers in Neuroscience*, 14: 577. doi: 10.3389/fnins.2020.00577. PubMed PMID: 32625052.
- Liu, Z. et al. (2018). LRRK2 phosphorylates membrane-bound Rabs and is activated by GTP-bound Rab7L1 to promote recruitment to the trans-Golgi network. *Human Molecular Genetics*, 27(2): 385–395. doi:10.1093/hmg/ddx410. PubMed PMID: 29177506.
- Sabnis, R.W. (2022). Novel Macrocytic LRRK2 Inhibitors for Treating Parkinson's Disease. *ACS Medicinal Chemistry Letters*, 13(1): 25–26. doi: 10.1021/acsmedchemlett.1c00687. PubMed PMID: 35059119.
- Tolosa, E., Vila, M., Klein, Ch., Rascol, O. (2020). LRRK2 in Parkinson disease: challenges of clinical trials. *Nature Reviews Neurology*, 16(2): 97–107. doi: 10.1038/s41582-019-0301-2. PubMed PMID: 31980808.
- Williamson, M.G., Madureira, M. et al. (2023). Mitochondrial dysfunction and mitophagy defects in LRRK2-R1441C Parkinson's disease models. *Human Molecular Genetics*, 32(18): 2808–2821. doi: 10.1093/hmg/ddad102. PubMed PMID: 37384414.
- Wojewska, D.N., Kortholt, A. (2021). LRRK2 Targeting strategies as potential treatment of Parkinson's disease. *Biomolecules*, 11(8): 1101. doi: 10.3390/biom11081101. PubMed PMID: 34439767.
- Zhu, H., Hixson, P., Ma, W., Sun, J. (2024). Pharmacology of LRRK2 with type I and II inhibitors revealed by cryo-EM. *Cell Discovery*, 10(1): 10. doi: 10.1038/s41421-023-00639-8. PubMed PMID: 38263358.
- Zimprich, A., Biskup, S., Leitner, P., Lichtner, P., Farrer, M., Lincoln, S., Kachergus, J., Hulihan, M., Uitti, R.J., Calne, D.B., Stoessl, A.J., Pfeiffer, R.F., Patenge, N., Carbajal, I.C., Vieregge, P.... et al. (2004). Mutations in LRRK2 cause autosomal-dominant parkinsonism with pleomorphic pathology. *Neuron*, 44(4): 601–607. doi: 10.1016/j.neuron.2004.11.005. PubMed PMID: 15541309.

Akademia WSB
WSB University

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

ISBN 978-83-67673-64-8



9 788367 673648