



REDAKCJA NAUKOWA
KRZYSZTOF MIZERA

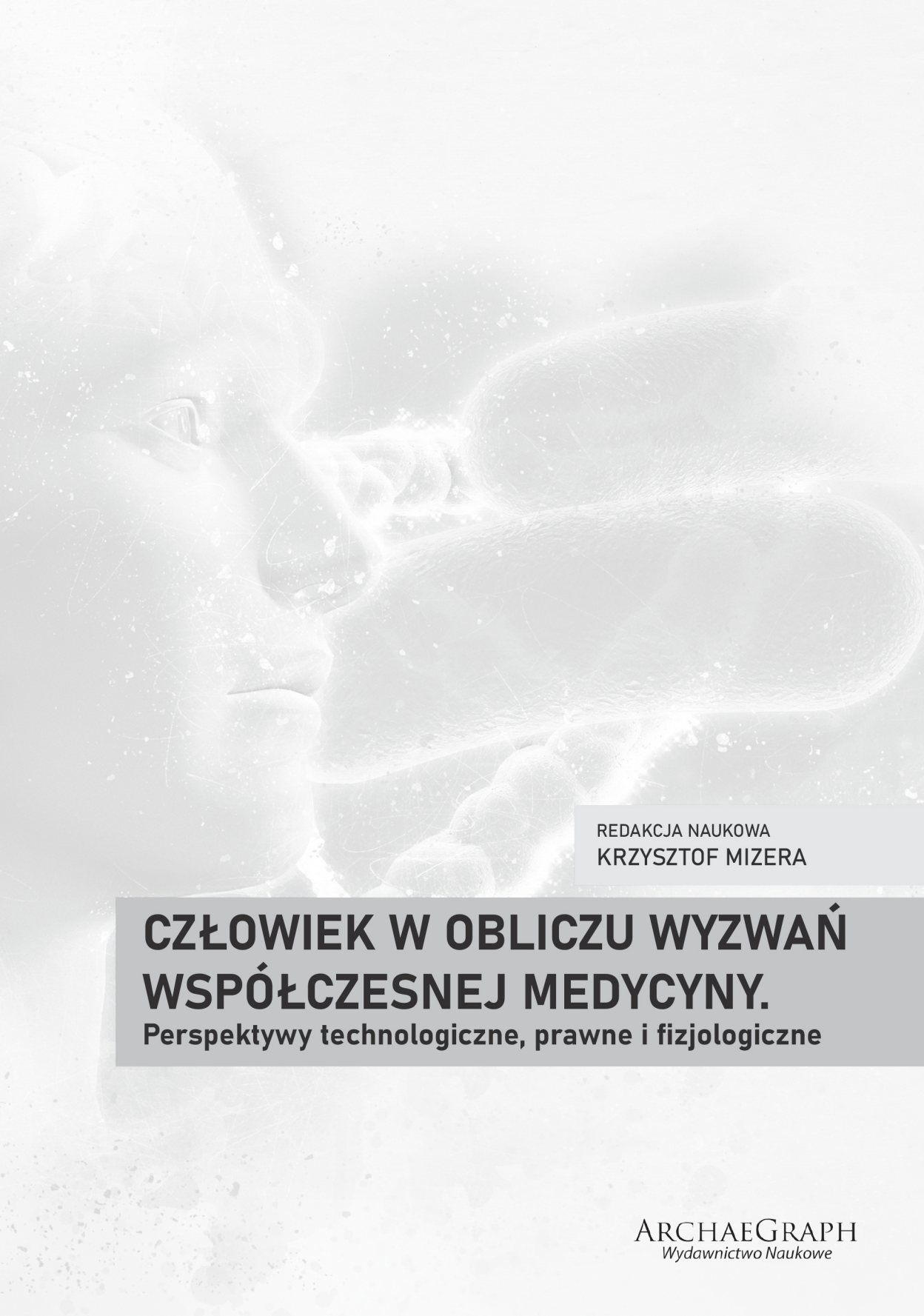
CZŁOWIEK W OBLICZU WYZWAŃ WSPÓŁCZESNEJ MEDYCyny.

Perspektywy technologiczne, prawne i fizjologiczne

ARCHAEGraph
Wydawnictwo Naukowe

**Człowiek w obliczu wyzwań
współczesnej medycyny.
Perspektywy technologiczne,
prawne i fizjologiczne**

**Redakcja naukowa
Krzysztof Mizera**



REDAKCJA NAUKOWA
KRZYSZTOF MIZERA

CZŁOWIEK W OBLICZU WYZWAŃ WSPÓŁCZESNEJ MEDYCyny.

Perspektywy technologiczne, prawne i fizjologiczne

ARCHAEGRAPH
Wydawnictwo Naukowe

REDAKCJA NAUKOWA:

KRZYSZTOF MIZERA

RECENZJA NAUKOWA:

DR HAB. PIOTR LEWITOWICZ, PROF. UJK,

DR OLGA ADAMCZYK-GRUSZKA

KOREKTA REDAKTORSKA, SKŁAD I PROJEKT OKŁADKI

KAROL ŁUKOMIAK

© copyright by author & ArchaeGraph

ISBN: 978-83-68410-21-1

**Wersja elektroniczna dostępna
na stronie internetowej wydawcy:**
www.archaeograph.pl

ARCHAEGRAPH
Wydawnictwo Naukowe

ŁÓDŹ 2025

SPIS TREŚCI

WPŁYW AMATORSKIEGO UPRAWIANIA TRIATHLONU NA ZMIANY ZDROWOTNE ZAWODNIKÓW	7
FILIP SZOŁOWSKI	
ANALIZA ZMIAN W AKTYWNOŚCI SPORTOWEJ I ZDROWIU FIZYCZNYM AMATORSKICH TRIATHLONISTÓW	21
FILIP SZOŁOWSKI	
ZASTOSOWANIE ANALIZY BIOIMPEDANCJI ELEKTRYCZNEJ (BIA) W OCENIE STANU ODŻYWIENIA TRIATHLONISTÓW	37
FILIP SZOŁOWSKI	
DOMNIEMANA ZGODA W POLSKIM PRAWIE TRANSPLANTACYJNYM – MIĘDZY SYSTEMEM TWARDYM A MIĘKKIM	51
JUSTYNA ZAKIERSKA-SZCZEPANIAK	
OCHRONA PRAWNA ZWŁOK LUDZKICH I KWESTIE ETYCZNE DOTYCZĄCE PRZESZCZEPÓW EX MORTUO	61
JUSTYNA ZAKIERSKA-SZCZEPANIAK	

**ZASTOSOWANIE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI
I UCZENIA MASZYNOWEGO W PATOMORFOLOGII** **75**

MARCIN ZAREMBA, ARTUR BORCUCH

**ZASTOSOWANIE, WYZWANIA I PERSPEKTYWY
UCZENIA MASZYNOWEGO W PATOMORFOLOGII
CYFROWEJ** **93**

MARCIN ZAREMBA, ARTUR BORCUCH

**SKALA KLINICZNA PTSD – KONSTRUKCJA I OCENA
POLSKIEGO NARZĘDZIA DIAGNOSTYCZNEGO
ZGODNEGO Z KLASYFIKACJAMI ICD-11 I DSM-5** **115**

MICHAŁ KURON, PAULINA SZYMANIK

**NEOFOBIA ŻYWIENIOWA U DZIECI –
PRZYCZYNY I RYZYKO ZDROWOTNE** **137**

JUSTYNA MIZERA, KRZYSZTOF MIZERA

**TRENING JELITA I JEGO WPŁYW NA PARAMETRY
WYDOLNOŚCIOWE SPORTOWCÓW** **155**

JUSTYNA MIZERA, KRZYSZTOF MIZERA

**PACJENT W CENTRUM KOORDYNACJI.
JAK ŚWIADCZENIOBIORCY Z WOJEWÓDZTWA
ŁÓDZKIEGO OCENIAJĄ WDROŻENIE OPIEKI
KOORDYNOWANEJ W PODSTAWOWEJ OPIECE
ZDROWOTNEJ?** **173**

WERONIKA ŚCIUBEŁ,
ANNA RYBARCZYK-SZWAJKOWSKA

FILIP SZOŁOWSKI

Doktorant, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Polska.

e-mail: filip.szolowski@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9080-8844

WPŁYW AMATORSKIEGO UPRAWIANIA TRIATHLONU NA ZMIANY ZDROWOTNE ZAWODNIKÓW

Streszczenie: Artykuł prezentuje wszechstronną analizę triathlonu jako dyscypliny sportowej o wysokich wymaganiach fizycznych, psychicznych i organizacyjnych. Omówiono charakterystykę triathlonu w kontekście różnych formatów zawodów, intensywności treningowej i obciążeń fizjologicznych. Przedstawiono ewolucję podejść treningowych, podkreślając znaczenie indywidualizacji planów przygotowawczych oraz holistycznej profilaktyki zdrowotnej. Szczególną uwagę poświęcono roli układu sercowo-naczyniowego, strategiom nawodnienia, odżywiania oraz profilaktyce urazów. Podkreślono również wpływ triathlonu na dobrostan psychiczny zawodników i potrzebę wdrażania kompleksowych modeli wsparcia. Artykuł akcentuje znaczenie równowagi między wysiłkiem a regeneracją oraz konieczność edukacji zawodników w zakresie zdrowia fizycznego i psychicznego, co ma kluczowe znaczenie dla długofalowego rozwoju sportowców.

Słowa kluczowe: Triathlon, trening wytrzymałościowy, fizjologia wysiłku, profilaktyka zdrowotna, strategia żywieniowa, zdrowie psychiczne, regeneracja.

WPROWADZENIE

Triathlon jest jednym z najszybciej rozwijających się sportów wśród zawodników rekreacyjnych, a największa liczba uczestników rywalizuje na dystansie olimpijskim oraz w zawodach Ironman. Jego popularność wynika z unikalnego połączenia trzech dyscyplin, które wymagają od zawodników wszechstronnych umiejętności i wysokiej wydolności organizmu (Neto et. al., 2019).

Charakterystyczną cechą triathlonu jest kolejność konkurencji – pływanie, kolarstwo i bieganie – które zawodnicy muszą pokonać bez przerw. Najczęściej spotykane formaty zawodów obejmują zarówno krótkodystansowe (Sprint i Olimpijski), jak i długodystansowe (Half-Ironman i Ironman), co pozwala na dostosowanie rywalizacji do różnych poziomów zaawansowania (Minghelli et. al., 2020).

Ze względu na konieczność zmierzenia się z trzema następującymi po sobie dyscyplinami, triathloniści doświadczają znacznie większego obciążenia organizmu niż sportowcy startujący w zawodach jedno-dyscyplinowych. Przejścia między etapami stanowią dodatkowe wyzwanie, wymagając efektywnej regeneracji i umiejętności zarządzania wysiłkiem na różnych jego etapach (Park et. al., 2010).

CHARAKTERYSTYKA TRIATHLONU I EWOLUCJA PODEJŚĆ TRENINGOWYCH

Popularność triathlonu jako sportu wytrzymałościowego stale rośnie, co znajduje odzwierciedlenie w liczbie organizowanych zawodów oraz wzrastającym zainteresowaniu wśród amatorów. W odpowiedzi na ten trend organizacje regulujące sport coraz częściej podejmują działania mające na celu ułatwienie dostępu do zawodów i zwiększenie liczby uczestników o różnym poziomie zaawansowania. Przykładem może być Brazylijska Konfederacja Triathlonu (CBTRI), według której w tym kraju triathlon uprawia już około 25 tysięcy sportowców (Cruz et. al., 2023).

Na każdym etapie kariery triathloniści mogą skupić się na rywalizacji w krótszych wyścigach, takich jak sprint czy dystans olimpijski, lub przygotować się do bardziej wymagających zawodów długodystansowych, takich jak Half-Ironman i Ironman. Wśród uczestników najliczniej reprezentowane są grupy wiekowe 35–39 lat oraz 40–44 lata, co świadczy o popularności tej dyscypliny wśród osób doświadczonych i posiadających odpowiednią bazę treningową (Vleck et. al., 2014).

Podobnie jak w innych sportach aerobowych, takich jak bieganie uliczne czy kolarstwo, triathlon wymaga wysokiej wydolności tlenowej oraz wytrzymałości mięśniowej. Dodatkowo, istotną rolę odgrywa zdolność beztlenowa, która umożliwia skuteczne zmiany tempa i mocny finisz. Jednak w porównaniu z innymi sportami wytrzymałościowymi triathlon wyróżnia się koniecznością opanowania trzech różnych dyscyplin, co znacząco zwiększa liczbę godzin treningowych i całkowite obciążenie organizmu (Neto et. al., 2019).

Intensywność treningowa triathlonistów jest znacznie wyższa niż w przypadku innych sportów wytrzymałościowych. Elitarni zawodnicy wykonują setki jednostek treningowych rocznie, co potwierdzają analizy przygotowań olimpijskich. Nawet wśród amatorów średnia liczba jednostek treningowych wynosi około 12 tygodniowo, co znacznie przewyższa typowy harmonogram biegaczy maratońskich (4 treningi tygodniowo) oraz kolarzy amatorów (2–3 treningi tygodniowo). Szczególnie w przypadku przygotowań do dłuższych dystansów, takich jak Ironman, obciążenia treningowe są jeszcze większe, co wynika z konieczności dłuższego przygotowania w zakresie jazdy na rowerze i biegu (Neto et. al., 2019).

Zawodnicy amatorscy, rywalizujący w 5-letnich kategoriach wiekowych (określani jako „age-groupers”), często różnią się od elity nie tylko poziomem sportowym, ale także podejściem do treningu. Mniej doświadczeni zawodnicy rzadziej korzystają z profesjonalnego wsparcia, co potwierdzają badania USA Triathlon – choć jedynie 26% uczestników deklarowało brak potrzeby współpracy z trenerem, aż 47% nie miało precyzyjnego planu treningowego. Problem ten jest istotny, ponieważ triathlon nie jest prostą sumą trzech dyscyplin, a ich wzajemne oddziaływanie wymaga specyficznych adaptacji. Na przykład trening kolarski może wpływać na efektywność biegu, co sprawia, że odpowiednie planowanie przygotowań staje się kluczowe. Mimo to wciąż brakuje badań, które dostarczałyby triathlonistom optymalnych metod treningowych dostosowanych do specyfiki tej dyscypliny. Nadal niewystarczająco poznano również strukturę treningową odpowiednią dla różnych formatów i dystansów zawodów (Vleck et. al., 2014).

Różnorodność formatów triathlonu wynika z odmiennych wymagań technicznych i długości tras. Zawody obejmują zarówno krótsze dystanse, takie jak sprint i dystans olimpijski, jak i długodystansowe wyścigi, w tym Half-Ironman oraz Ironman. Standardowy triathlon olimpijski składa się z 1,5 km pływania, 40 km jazdy na rowerze oraz 10 km biegu, a kluczową rolę odgrywa w nim także umiejętność efektywnego pokonywania stref zmian, co ma bezpośredni wpływ na końcowy wynik zawodnika (McDonald & Losty, 2023).

Ze względu na swoją wielowymiarowość i wysokie wymagania fizyczne, triathlon przyciąga coraz większą liczbę amatorów, którzy poszukują wyzwań sportowych na różnych poziomach zaawansowania. Wśród nich, zarówno w grupie zawodowców, jak i rekreacyjnych uczestników, rośnie zainteresowanie startami w zawodach ultra-wytrzymałościowych, takich jak Ironman. Format ten obejmuje 3,8 km pływania, 180,2 km jazdy na rowerze oraz 42,2 km biegu, co czyni go jednym z najbardziej wymagających testów wytrzymałościowych. Wysoka

intensywność tego wysiłku wiąże się również ze zwiększonym ryzykiem problemów zdrowotnych, w tym odwodnienia, hipertermii, hiponatremii, hipotermii oraz uszkodzeń układu mięśniowo-szkieletowego (Tulloh et. al., 2006).

Zawody triathlonowe odbywają się na świeżym powietrzu, co sprawia, że zawodnicy są narażeni na różne czynniki zewnętrzne mogące prowadzić do urazów. Warunki pogodowe, przegrzanie organizmu oraz hipertermia stanowią istotne zagrożenia, które w skrajnych przypadkach mogą prowadzić do wyczerpania i silnych skurczów mięśni, uniemożliwiających kontynuowanie wysiłku. Dodatkowo, intensywność i częstotliwość treningów znacząco zwiększają ryzyko kontuzji. Triathloniści poświęcają na trening więcej godzin tygodniowo niż sportowcy specjalizujący się w pojedynczych dyscyplinach – przeciętnie od 10 do 14 godzin, realizując 8–10 jednostek treningowych. Wysoka objętość treningowa przekłada się na podwyższony wskaźnik urazowości, co stanowi istotne wyzwanie w przygotowaniach do zawodów (Minghelli et. al., 2020).

Równocześnie triathlon, podobnie jak inne dyscypliny sportowe w erze profesjonalnej, podlega nieustannym zmianom w strukturze rywalizacji, podejściach treningowych oraz systemach wsparcia. Podczas gdy elitarni zawodnicy i niektóre programy narodowe korzystają z zaawansowanych technologii treningowych i kompleksowego wsparcia, większość klubów oraz amatorów samodzielnie zarządza swoimi przygotowaniem. Choć wiele strategii opartych na dowodach naukowych jest już dobrze ugruntowanych, rozwój triathlonu wciąż generuje nowe koncepcje, które mogą poprawiać proces treningowy i wyniki sportowe. W odpowiedzi na rosnące wymagania w tej dyscyplinie, kraje, trenerzy i zawodnicy stale poszukują innowacyjnych metod dających przewagę konkurencyjną (Etzebarria et. al., 2019).

Tabela 1 przedstawia nowe koncepcje w treningu wytrzymałościowym i triathlonie, które mają na celu minimalizację zmęczenia, chorób i urazów.

Tabela 1. Nowe koncepcje w treningu wytrzymałościowym i triathlonie mające na celu minimalizację zmęczenia, chorób i urazów

Czynnik	Tradycyjne podejście	Nowe trendy
Psychologiczne	Skupienie na pojedynczych wydarzeniach, postrzeganie dyscypliny jako klinicznej, minimalna edukacja na ten temat, brak priorytetu dla zdrowia psychicznego	Zintegrowany model, trening umiejętności psychologicznych, zdrowie psychiczne

Trening	Filozofia „im więcej, tym lepiej”, podstawowy monitoring treningowy	Wydarzenia sportowe determinujące przygotowanie, nieliniowy proces treningowy, zaawansowany monitoring treningu, zintegrowane podejście periodyzacyjne
Odżywianie	Makro- i mikroelementy jako kluczowe składniki, uwaga na Triadę Kobięcego Sportowca (niska dostępność energii, zaburzenia miesiączkowania i niska gęstość kości)	Znaczenie czasu spożycia posiłków w odniesieniu do treningu i zawodów (np. strategia w sportach z określonym podziałem ról), eliminacja niedoboru energii (REDs), nowe formy napojów funkcjonalnych i żywienia dostosowanego do wydarzeń sportowych
Medyczne/kliniczne	Opieka skoncentrowana na usługodawcach, podejście skoncentrowane na leczeniu, dokumentacja papierowa	Podejście skoncentrowane na zawodniku, nacisk na prewencję, zdigitalizowane zasoby medyczne
Styl życia (higiena, podróże, sen)	Skupienie na przygotowaniach do zawodów, nacisk na regenerację po treningu, odpowiedzialność zespołowa	Zapobieganie lub profilaktyka zamiast leczenia, samodzielna odpowiedzialność, nacisk na zarządzanie snem, bardziej złożone podejście
Koordinacja	Polityka, oświadczenia dotyczące stanowiska, wytyczne	Praktyczne wdrożenie i implementacja
Badania	Ograniczona liczba badań dotyczących triathlonu, podejście oparte na naukowcach	Badania specyficzne dla triathlonu, zespoły multidyscyplinarne, lepiej określona rola sportowców w badaniach, większe wykorzystanie technologii, bardziej zaawansowane analizy danych

Źródło: (Etxebarria et. al., 2019).

Osiągnięcie wysokiego poziomu sportowego w triathlonie wymaga kompleksowego podejścia do planowania treningu, którego głównym celem jest przygotowanie zawodnika do intensywnej rywalizacji. Ponieważ każdy sportowiec charakteryzuje się odmiennymi predyspozycjami i potrzebami, niezbędne jest indywidualne dostosowanie częstotliwości, objętości oraz intensywności wysiłku. Niewłaściwe zbalansowanie obciążeń treningowych z procesami regeneracyjnymi może prowadzić do szeregu negatywnych skutków, takich jak przetrenowanie,

przewlekłe zmęczenie, kontuzje lub obniżenie odporności. W związku z tym konieczne jest wprowadzenie precyzyjnego i dopasowanego programu treningowego, który z jednej strony wspiera rozwój wydolności, a z drugiej – redukuje ryzyko wystąpienia urazów. Jednym z głównych zagrożeń są gwałtowne zmiany intensywności treningu, które bez właściwego monitorowania mogą zaburzyć proces adaptacji organizmu i utrudnić długoterminowe przygotowania (Etxebarria et. al., 2019).

FIZJOLOGICZNE WYZWANIA TRIATHLONU I ROLA HOLISTYCZNEJ PROFILAKTYKI

W kontekście długotrwałych i intensywnych obciążeń fizycznych, szczególną uwagę należy zwrócić na układ sercowo-naczyniowy, który w sportach wytrzymałościowych poddawany jest znacznemu wysiłkowi. Kilkogodzinny trening lub start w zawodach generuje zwiększone zapotrzebowanie tlenowe, przyspieszoną pracę serca oraz wzrost objętości jego wyrzutu, co może prowadzić do zmian strukturalnych w mięśniu sercowym. Choć u większości zdrowych sportowców adaptacje te przynoszą korzystne efekty, takie jak niższe tętno spoczynkowe czy lepsza wydolność tlenowa, to jednak zbyt duże lub źle rozłożone obciążenia mogą negatywnie odbić się na zdrowiu (Graziano et al., 2022).

W związku z tym należy mieć na uwadze, że intensywny wysiłek fizyczny – zwłaszcza u osób niedostosowanych do takich warunków — może czasowo uszkadzać mięsień sercowy, co bywa obserwowane w postaci podwyższonego poziomu biomarkerów sercowych. Dodatkowo, u sportowców wytrzymałościowych występuje większe ryzyko rozwoju arytmii, w tym migotania przedsionków, zwłaszcza przy wieloletnim uprawianiu dyscyplin wytrzymałościowych. Do czynników ryzyka należą m.in. odwodnienie, brak odpowiedniej regeneracji, nierozpoznane wady serca czy nadmierne przeciążenia organizmu wynikające z niewłaściwej oceny własnych możliwości (Khan et. al., 2023).

Z tego względu niezbędne jest, aby proces przygotowania do startów obejmował nie tylko odpowiedni trening fizyczny i dietetyczny, lecz także regularną diagnostykę stanu zdrowia. Wykonywanie badań takich jak EKG wysiłkowe czy echokardiografia pozwala na wczesne wykrycie potencjalnych nieprawidłowości w pracy serca i zmniejszenie ryzyka poważnych komplikacji podczas zawodów.

Uwzględniając złożoność i ryzyko związane z triathlonem, skuteczna profilaktyka problemów zdrowotnych musi opierać się na holistycznym podejściu. Wymaga ono nie tylko optymalnego przygotowania indywidualnego, ale również

odpowiedniego zaplanowania samych zawodów. Konieczne jest dostosowanie procedur do warunków pogodowych, przygotowanie planów bezpieczeństwa zarówno na etapie pływackim, jak i na trasie rowerowej czy biegowej, a także zapewnienie właściwego rozmieszczenia punktów z wodą i żywnością. Równocześnie ważne jest, by zawodnicy byli edukowani w zakresie prawidłowego odżywiania, techniki ruchu, zasad fizjologii wysiłku oraz stosowania bezpiecznego sprzętu (Park et. al., 2010).

ROLA NAWODNIENIA, DIETY I PROFILAKTYKI W UTRZYMANIU WYDOLNOŚCI TRIATHLONISTÓW

W nawiązaniu do znaczenia odpowiedniego przygotowania fizycznego i medycznego, równie istotnym elementem pozostaje właściwe nawodnienie organizmu podczas wysiłku fizycznego, zwłaszcza w trudnych warunkach atmosferycznych. Wysiłek trwający kilka godzin, przy wysokiej temperaturze i wilgotności, prowadzi do znacznej utraty płynów i elektrolitów, co znacząco zwiększa ryzyko odwodnienia. Stan ten negatywnie wpływa na wydolność organizmu, zakłóca mechanizmy termoregulacyjne oraz pogarsza zdolność koncentracji, co może skutkować poważnymi konsekwencjami dla bezpieczeństwa zawodnika. Ze względu na specyfikę triathlonu, który obejmuje trzy następujące po sobie dyscypliny bez dłuższych przerw, strategia nawodnienia staje się elementem kluczowym dla utrzymania sprawności fizycznej przez cały czas trwania zawodów (Pałka et al., 2023).

Z uwagi na zagrożenia, zaleca się indywidualne planowanie przyjmowania płynów, dostosowane do intensywności wysiłku, długości trasy oraz warunków pogodowych. Efektywnym rozwiązaniem jest wcześniejsze oszacowanie tempa utraty wody, na przykład poprzez pomiar masy ciała przed i po wysiłku, co pozwala dostosować ilość przyjmowanych płynów do rzeczywistych potrzeb organizmu. Dodatkowo, zastosowanie napojów izotonicznych wzbogaconych o elektrolity wspiera zarówno proces wchłaniania wody, jak i uzupełnianie strat sodu, co zmniejsza ryzyko skurczów mięśniowych oraz problemów żołądkowo-jelitowych. Brak odpowiedniego nawodnienia prowadzi nie tylko do spadku wydolności, ale może również zakłócić przebieg zawodów i zmniejszyć szanse na osiągnięcie zakładanych rezultatów (Shirreffs & Sawka, 2011).

Ważnym aspektem przygotowania do zawodów triathlonowych pozostaje także właściwe wsparcie żywieniowe, które ma bezpośredni wpływ na efektywność wysiłku. Odpowiednie spożycie węglowodanów przed startem zwiększa

dostępność energii poprzez odbudowę zapasów glikogenu mięśniowego i wątrobowego. Jest to szczególnie istotne w przypadku porannych zawodów, gdy po nocnym poście zasoby energetyczne organizmu są ograniczone, a także wtedy, gdy wcześniejsze treningi nie pozwoliły na pełną regenerację. Jeśli podczas samego startu zawodnik nie ma możliwości przyjęcia wystarczającej ilości węglowodanów, zaleca się spożycie 1–4 g węglowodanów na każdy kilogram masy ciała w łatwostrawnej formie na około 3–4 godziny przed rozpoczęciem aktywności (Jeukendrup i in., 2005).

W kontekście strategii żywieniowej warto zwrócić uwagę nie tylko na ilość, ale również na rodzaj spożywanych węglowodanów. Połączenie różnych typów cukrów – glukozy, fruktozy i maltodekstryny – w odpowiednich proporcjach może zoptymalizować ich utlenianie i jednocześnie poprawić wydolność organizmu podczas wysiłku (Barrero i in., 2014). W praktyce zastosowanie różnych produktów – takich jak żele energetyczne, batony, napoje izotoniczne oraz kanapki – może stanowić sposób na urozmaicenie źródeł węglowodanów.

W kolejnych etapach planowania żywienia podczas zawodów ultra-wytrzymałościowych warto również uwzględnić białko i tłuszcze. Spożycie białka w połączeniu z węglowodanami może poprawić bilans azotowy organizmu, zwiększając syntezę białek i ograniczając ich rozpad. Przy odpowiednim przeliczeniu może to stanowić istotne źródło dodatkowej energii i przyczynić się do zmniejszenia deficytu energetycznego (Barrero i in., 2014).

W odniesieniu do tłuszczów, ich spożycie podczas zawodów może być niższe niż w codziennej diecie, jednak obecność tłuszczów w posiłkach wpływa korzystnie na smak i tolerancję produktów. Co więcej, w sytuacjach ograniczonego dostępu do glikogenu, śródmięśniowe triglicerydy mogą stanowić alternatywne źródło energii, zwłaszcza u wytrenowanych sportowców.

Uwzględniając potrzebę odpowiedniego przygotowania żywieniowego, istotnym elementem zwiększającym wydolność organizmu jest tzw. ładowanie węglowodanami. Strategia ta ma na celu maksymalizację zapasów glikogenu przed zawodami, co pozwala na dłuższe utrzymanie intensywności wysiłku. Osiągnięcie tego celu jest możliwe poprzez odpowiednie połączenie umiarkowanego i wysokiego spożycia węglowodanów (5–12,5 g/kg masy ciała dziennie) z obniżeniem intensywności treningu (Jeukendrup i in., 2005). Takie podejście umożliwia lepszą tolerancję przygotowań przedstartowych bez zwiększonego ryzyka zaburzeń metabolicznych.

Pomimo wysokiego poziomu obciążenia organizmu i długotrwałego wysiłku, triathlon jest uznawany za sport stosunkowo bezpieczny. Liczba poważnych

incydentów medycznych pozostaje niska, o ile przestrzegane są odpowiednie środki ostrożności, zwłaszcza w przypadku zawodników z grup podwyższonego ryzyka (Park et al., 2010). Świadome podejście do przygotowań, obejmujące planowanie diety, treningu i diagnostyki, może znacząco zmniejszyć prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożeń zdrowotnych.

Tabela 2 przedstawia ogólne wytyczne dotyczące zapobiegania chorobom u sportowców.

Tabela 2. Ogólne wytyczne dotyczące zapobiegania chorobom u sportowców

Kategoria	Zalecenia dla sportowców	Zalecenia dla personelu wspierającego
Strategie behawioralne, styl życia i medyczne	• Unikanie kontaktu z osobami chorymi, małymi dziećmi i zwierzętami; • Unikanie tłumów i minimalizowanie kontaktu z osobami spoza zespołu/wsparcia; • Zachowanie dystansu od osób kaszlących, kichających lub mających katar; • Regularne i dokładne mycie rąk wodą z mydłem, zwłaszcza przed posiłkami; • Noszenie repelentów, kremów antybakteryjnych lub płynów do dezynfekcji rąk; • Nie dzielenie się butelkami, kubkami, sztućcami, ręcznikami itp.; • Wybieranie napojów z zamkniętych butelek, unikanie surowych warzyw i niedogotowanego mięsa; • Noszenie kłapek pod prysznicem i na basenie; • Stosowanie strategii poprawiających jakość snu, w tym drzemek w ciągu dnia	• Opracowanie i wdrożenie wytycznych dotyczących zapobiegania chorobom; • Monitorowanie chorób zapalnych (np. astmy, alergii); • Identyfikacja sportowców wysokiego ryzyka w celu podjęcia środków ostrożności; • Organizowanie zakwaterowania w osobnych pokojach podczas zawodów; • Aktualizacja szczepień wymaganych w kraju i na międzynarodowych zawodach.

Zarządzanie obciążeniem treningowym i startowym	• Opracowanie szczegółowego planu treningowego/startowego, w tym strategii regeneracyjnych; • Monitorowanie obciążenia treningowego za pomocą pomiarów wewnętrznych i zewnętrznych; • Odpowiednie nawodnienie, odżywianie, sen, techniki relaksacyjne i wsparcie emocjonalne.	
Zarządzanie obciążeniem psychicznym	• Rozwijanie strategii odporności psychicznej pomagających w radzeniu sobie ze stresem, myślami i reakcjami fizjologicznymi; • Edukacja w zakresie technik zarządzania stresem, budowania pewności siebie i wyznaczania celów; • Redukcja obciążeń treningowych po negatywnych wydarzeniach życiowych, aby zmniejszyć ryzyko chorób; • Wprowadzenie okresowych ocen poziomu stresu.	• Edukacja sportowców, trenerów i personelu w zakresie proaktywnego zarządzania stresem; • Redukcja obciążeń treningowych po negatywnych wydarzeniach życiowych w celu zmniejszenia ryzyka chorób; • Wprowadzenie okresowych ocen poziomu stresu.
Pomiar i monitorowanie wczesnych oznak chorób, przemęczenia i przetrenowania	• Wdrożenie systemów monitorowania zdrowia i kontuzji; • Monitorowanie wczesnych oznak chorób, takich jak niespecyficzne objawy; • Obserwacja sportowców pod kątem pierwszych oznak przemęczenia i przetrenowania.	• Wdrożenie systemów monitorowania zdrowia i kontuzji; • Monitorowanie wczesnych oznak chorób, takich jak niespecyficzne objawy; • Obserwacja sportowców pod kątem pierwszych oznak przemęczenia i przetrenowania.

Źródło: (Etxebarria et. al., 2019).

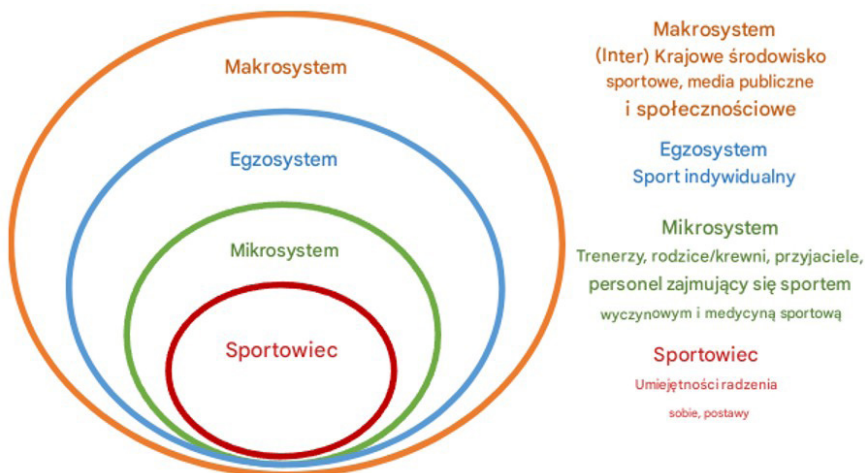
WYZWANIA ZDROWOTNE I DOBROSTAN PSYCHICZNY W TRIATHLONIE

Pomimo rosnącej popularności triathlonu oraz potencjalnych zagrożeń zdrowotnych wynikających z intensywnego treningu, nadal brakuje kompleksowych danych dotyczących rzeczywistych nawyków treningowych zawodników rekreacyjnych. Dotychczasowe badania nie dostarczają wystarczających informacji na temat charakterystyki obciążeń treningowych w tej grupie, a także związanych z nimi ryzyk urazowych i zdrowotnych. Lepsze zrozumienie tych aspektów mogłoby przyczynić się do opracowania skuteczniejszych strategii profilaktycznych, które ograniczałyby negatywne skutki długotrwałego wysiłku fizycznego (Neto et. al., 2019).

Równocześnie rośnie świadomość wpływu obciążeń treningowych nie tylko na zdrowie fizyczne, ale także na dobrostan psychiczny sportowców. Na podstawie dostępnej literatury dotyczącej czynników ryzyka zaburzeń psychicznych wśród zawodników elitarnych, a także istniejących wytycznych w zakresie ich dobrostanu, opracowano koncepcję kompleksowego modelu wspierania zdrowia psychicznego triathlonistów. Model ten uwzględnia zarówno systemy wczesnej interwencji, jak i reformy zdrowia psychicznego, szczególnie wśród młodych sportowców, co może mieć kluczowe znaczenie dla długoterminowego rozwoju zawodników i ich zdolności do radzenia sobie z wymaganiami dyscypliny (Purcell et. al., 2019).

Rysunek 1 przedstawia model ekologicznych systemów zdrowia psychicznego triathlonowców.

Rysunek 1. Model ekologicznych systemów zdrowia psychicznego triathlonowców



Źródło: (Purcell et. al., 2019).

Systemy ekologiczne pozwalają lepiej zrozumieć relację między indywidualnymi doświadczeniami sportowca a szerszym kontekstem społecznym i kulturowym, w którym funkcjonuje. W przypadku zawodników elitarnych istotną rolę odgrywają czynniki ontogenetyczne, takie jak sposoby radzenia sobie ze stresem czy skłonność do stosowania substancji psychoaktywnych. Jednocześnie ich codzienne funkcjonowanie jest kształtowane przez mikrosystem, obejmujący trenerów, kolegów z drużyny (jeśli dotyczy), a także rodzinę i bliskie osoby. Szersze środowisko sportowe, w tym regulacje i organizacja zarządzająca daną dyscypliną, tworzy egzosystem, natomiast krajowe i międzynarodowe federacje sportowe, media oraz społeczeństwo stanowią makrosystem, który wpływa na postrzeganie i rozwój triathlonu jako sportu (Purcell et. al., 2019).

ZAKOŃCZENIE

Z uwagi na wielowymiarowość triathlonu jego uprawianie wymaga nie tylko zaangażowania fizycznego, ale także znacznych nakładów czasowych i finansowych. Przygotowania do zawodów trwają zwykle od czterech do pięciu miesięcy, co oznacza konieczność długoterminowego planowania i utrzymania intensywnej rutyny treningowej. Dodatkowym wyzwaniem są wysokie koszty związane z zakupem i utrzymaniem sprzętu sportowego, a także opłaty startowe, które mogą stanowić istotną barierę dla wielu zawodników. Utrzymanie regularnego cyklu treningowego wymaga również efektywnego zarządzania czasem osobistym, rodzinnym i zawodowym, co sprawia, że triathlon staje się nie tylko wyzwaniem sportowym, ale także organizacyjnym.

Złożoność tej dyscypliny oraz potencjalne ryzyka zdrowotne, zarówno fizyczne, jak i psychiczne, podkreślają potrzebę holistycznego podejścia do procesu przygotowań. Obejmuje ono nie tylko odpowiedni trening i regenerację, ale także edukację zawodników w zakresie strategii żywieniowych, profilaktyki medycznej oraz zarządzania stresem. W tym kontekście rozwój programów wspierających zdrowie i dobrostan triathlonistów – szczególnie wśród amatorów – wydaje się kluczowy dla dalszego zrównoważonego rozwoju tej dyscypliny sportu (Cruz et. al., 2023).

LITERATURA

- Barrero, A., Erola, P., Erola, P., & Bescos, R. (2014). Energy Balance of Triathletes during an Ultra-Endurance Event. *Nutrients*, 7(1), 209–222.
- Cruz L. M. C. D., Chaves A. D., Ferreira L. K., Neves C. M., Meireles J. F. F., Ferreira M. E. C., Sociodemographic, socioeconomic and motivational profile of Brazilian triathletes, „Revista Brasileira de Medicina do Esporte” 2023, nr 30.
- Etzebarria N., Mujika I., Pyne D. B., Training and Competition Readiness in Triathlon, 2019, nr 7(5).
- Graziano, F., Juhasz, V., Brunetti, G., Cipriani, A., Szabo, L., Merkely, B., Corrado, D., D’Ascenzi, F., Vágó, H., & Zorzi, A. (2022). May Strenuous Endurance Sports Activity Damage the Cardiovascular System of Healthy Athletes? A Narrative Review. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 9(10), 347.
- Jeukendrup, A. E., Jentjens, R. L. P. G., & Moseley, L. (2005). Nutritional Considerations in Triathlon. *Sports Medicine*, 35(2), 163–181.
- Khan, A., Jamil, M., Ullah, M., Ullah, I., Zubair, M., & Saheem, S. (2023). Causes, precautions and management of risk factors associated with dehydration among athletes. <https://doi.org/10.54393/tt.v4i02.98> (dostęp: 30.06.2023 r.).
- McDonald C., Losty C., An Investigation of the Psychological Status of Amateur Athletes Before and After a Triathlon Competition, 2023, nr 2(3).
- Minghelli B., Jesus C., Martins I., Jesus J., Triathlon-related musculoskeletal injuries: a study on a Portuguese Triathlon Championship, „Revista da Associação Médica Brasileira” 2020, nr 66(11).
- Neto J. H., Parent E. C., Kennedy M. D., What is the Training Intensity Distribution of Recreational-Level Triathletes when Preparing for an Olympic Distance Triathlon?, „Preprints” 2019, doi: 10.20944/preprints201903.0171.v1 (dostęp: 18.03.2019 r.).
- Pałka, T., Koteja, P., Tota, Ł., Rydzik, Ł., Kopańska, M., Kaczorowska, I., Javdaneh, N., Mikuláková, W., Wolski, H., & Ambroży, T. (2023). The Influence of Various Hydration Strategies (Isotonic, Water, and

- No Hydration) on Hematological Indices, Plasma Volume, and Lactate Concentration in Young Men during Prolonged Cycling in Elevated Ambient Temperatures. *Biology*, 12(5), 687.
- Park C. H., Kwak Y.-S., Kim T.-U., Triathlon-Related Overuse Injury and Medical Issues, „*Journal of Life Sciences*” 2010, nr 20(2).
- Purcell R., Gwyther K., Rice S. M., Mental Health in Elite Athletes: Increased Awareness Requires an Early Intervention Framework to Respond to Athlete Needs, „*Sports Medicine - Open*” 2019, nr 5(1).
- Shirreffs, S. M., & Sawka, M. N. (2011). Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 29, 47–54.
- Tulloh L., Robinson D., Patel A., Ware A., Prendergast C., Sullivan D. R., Pressley L., Raised troponin T and echocardiographic abnormalities after prolonged strenuous exercise—the Australian Ironman Triathlon, „*British Journal of Sports Medicine*” 2006, nr 40(7).
- Vleck V. E., Millet G. P., Alves F., The Impact of Triathlon Training and Racing on Athletes' General Health, „*Sports Medicine*” 2014, nr 44(12).

ANALYSIS OF CHANGES IN PHYSICAL ACTIVITY AND HEALTH AMONG AMATEUR TRIATHLETES

Abstract: The article presents a comprehensive analysis of triathlon as a sport with high physical, psychological, and organizational demands. It discusses the characteristics of triathlon across various race formats, training intensity, and physiological load. The evolution of training approaches is examined, emphasizing the importance of individualized preparation plans and holistic health prevention. Special attention is given to the cardiovascular system, hydration strategies, nutrition, and injury prevention. The article also explores the impact of triathlon on athletes' mental well-being and the need for implementing comprehensive support models. It highlights the significance of balancing effort with recovery and the necessity of educating athletes on physical and mental health, which is essential for their long-term development.

Keywords: Triathlon, endurance training, exercise physiology, health prevention, nutritional strategy, mental health, recovery.

ANALIZA ZMIAN W AKTYWNOŚCI SPORTOWEJ I ZDROWIU FIZYCZNYM AMATORSKICH TRIATHLONISTÓW

Streszczenie: Artykuł przedstawia kompleksową analizę fizjologicznych i biomechanicznych aspektów treningu triathlonowego w kontekście różnych dystansów startowych. Omówiono zmiany zachodzące w organizmie zawodników w odpowiedzi na wysiłek fizyczny, zwłaszcza w trakcie przejść między dyscyplinami oraz po zawodach o dużej intensywności. Wskazano na znaczenie biomarkerów wysiłkowych i wpływ strategii treningowych na adaptację organizmu. Zwrócono uwagę na rolę żywienia sportowego jako integralnego elementu procesu treningowego oraz na konieczność indywidualizacji podejścia w zależności od poziomu sportowego, rodzaju dystansu i obciążeń. Artykuł podkreśla znaczenie równowagi między obciążeniem a regeneracją, wskazując na potrzebę monitorowania zarówno parametrów fizjologicznych, jak i stanu psychicznego zawodników.

Słowa kluczowe: Triathlon, adaptacja fizjologiczna, biomarkery wysiłku, strategie treningowe, żywienie sportowe, regeneracja.

WPROWADZENIE

Triathlon jest jednym z najszybciej rozwijających się sportów wśród amatorów, przy czym większość zawodników rywalizuje na dystansie olimpijskim oraz w zawodach Ironman. Najliczniejszą grupę uczestników stanowią osoby w przedziałach wiekowych 35-39 lat oraz 40-44 lata. Podobnie jak inne sporty aerobowe, takie jak bieganie uliczne czy kolarstwo, triathlon wymaga ponadprzeciętnej wydolności tlenowej i wytrzymałości mięśniowej, a także dobrze rozwiniętych

zdolności beztlenowych, które pozwalają na nagłe przyspieszenia oraz mocny finisz w końcowych momentach wyścigu. Jednak w porównaniu do innych sportów wytrzymałościowych triathlon jest wyjątkowy, ponieważ wymaga od zawodników treningu w trzech różnych dyscyplinach (Neto et. al., 2019).

Specyfika tej dyscypliny sprawia, że jednym z największych wyzwań w jej treningu jest zrozumienie reakcji organizmu na zróżnicowane bodźce wysiłkowe. Mięśnie szkieletowe osób trenujących wytrzymałościowo i siłowo wykazują odmienne stany adaptacyjne, a jednocześnie łączenie obu tych form wysiłku może prowadzić do osłabienia adaptacji w porównaniu do treningu ukierunkowanego na jedną z nich. Zjawisko to, określane mianem „efektu interferencji”, jest dobrze udokumentowane, lecz wciąż nie jest jasne, w jakim stopniu wpływa na triathlonistów, którzy muszą jednocześnie trenować pływanie, jazdę na rowerze i bieganie (Etxebarria et. al., 2019).

Zrozumienie tego zjawiska ma kluczowe znaczenie dla skutecznego planowania treningu, którego głównym celem jest przygotowanie triathlonisty do rywalizacji na najwyższym poziomie. Droga do osiągnięcia tego celu różni się w zależności od zawodnika, ponieważ indywidualne wymagania dotyczące częstotliwości, objętości i intensywności treningu są odmienne dla każdej osoby. Brak równowagi między zmęczeniem wywołanym wysiłkiem a procesem regeneracji może prowadzić do negatywnych konsekwencji – od nadmiernego zmęczenia i przetrenowania po zwiększone ryzyko kontuzji lub chorób (Etxebarria et. al., 2019).

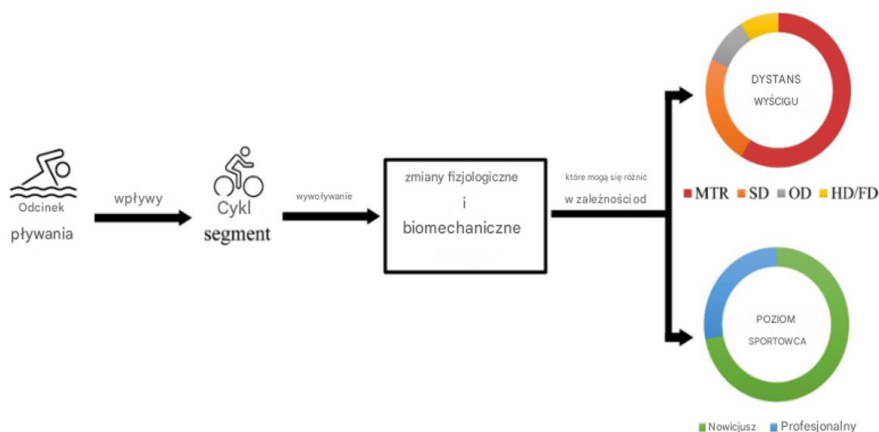
ZMIANY FIZJOLOGICZNE I BIOMECHANICZNE ORAZ BIOMARKERY WYSIŁKOWE W TRIATHLONIE

Dotychczasowe badania koncentrowały się na analizie biomarkerów krwi i dysfunkcji serca po zawodach ultratriathlonowych, a także oceniały biomarkery sercowe po triathlonie na dystansie standardowym. Mimo tych ustaleń czas trwania wysiłku niezbędny do wywołania dysfunkcji serca oraz mechanizmy leżące u podstaw tego zjawiska nie zostały jeszcze w pełni poznane. W literaturze dostępne są jedynie ograniczone dane dotyczące zmian biomarkerów sercowych i mięśniowych wywołanych wysiłkiem fizycznym u zawodników startujących na różnych dystansach triathlonowych. Monitorowanie tych wskaźników może przyczynić się do skuteczniejszego zapobiegania przetrenowaniu oraz urazom sportowym, stanowiąc cenną wskazówkę zarówno dla badaczy, jak i trenerów oraz samych zawodników (Park & Kwak, 2019).

W kontekście tych rozważań istotne staje się również zbadanie zmian fizjologicznych i biomechanicznych zachodzących podczas przejścia z pływania do jazdy na rowerze. Dotychczasowa literatura szeroko omawia wpływ przejścia z jazdy na rowerze do biegu, natomiast brakuje kompleksowego podsumowania dowodów dotyczących pierwszego etapu zmiany dyscyplin w triathlonie. Dlatego celem niniejszego przeglądu jest zestawienie dostępnych badań dotyczących zmian fizjologicznych i biomechanicznych zachodzących podczas tego przejścia oraz wskazanie praktycznych rekomendacji dla trenerów i zawodników (Ambrosini et. al., 2022).

Poniżej przedstawiono podsumowanie zmian fizjologicznych i biomechanicznych w zależności od dystansu zawodów oraz poziomu sportowego zawodnika.

Rysunek 1. Podsumowanie zmian fizjologicznych i biomechanicznych w zależności od dystansu zawodów i poziomu sportowego zawodnika



Skróty:

HD – dystans połówkowy (Half distance)

FD – pełny dystans (Full distance)

MTR – sztafeta mieszana (Mixed-team relay)

OD – dystans olimpijski (Olympic distance)

SD – dystans sprinterski (Sprint distance)

Źródło: (Ambrosini et. al., 2022).

Segment pływacki wpływa na kolejny etap – jazdę na rowerze – wywołując zarówno zmiany fizjologiczne, jak i biomechaniczne. Ich zakres zależy od długości wyścigu oraz poziomu zawodnika. Kołowe wykresy pierścieniowe przedstawiają jakościowe interpretacje tych zmiennych, ilustrując, w jakim stopniu dystans wyścigu oraz poziom doświadczenia wpływają na zmiany fizjologiczne i biomechaniczne. Wielkość i kolor segmentów pierścieniowych wizualizują te

różnice: górny wykres wskazuje, że większe modyfikacje (czerwone, pomarańczowe i szare sekcje) zachodzą na krótszych dystansach (MTR, SD, OD), podczas gdy dłuższe dystanse (HD/FD) powodują mniejsze zmiany (żółte sekcje). Dolny wykres natomiast ukazuje, że mniej doświadczeni zawodnicy (zielony segment) doświadczają większych zmian fizjologicznych i biomechanicznych niż profesjonalni triathloniści (niebieski segment) (Ambrosini et. al., 2022).

Te różnice stają się jeszcze bardziej wyraźne w kontekście przygotowań do dłuższych dystansów. Triathloniści startujący w Ironmanie poddawani są większemu obciążeniu treningowemu niż ci, którzy rywalizują na dystansie olimpijskim. Wynika to z dłuższego czasu trwania kluczowych sesji rowerowych i biegowych, co zwiększa całkowitą objętość treningową. Choć objętość ta jest podstawowym elementem przygotowania wytrzymałościowego, coraz większą rolę przypisuje się również rozkładowi intensywności treningowej (TID), który może znacząco wpływać na adaptację organizmu do wysiłku długotrwałego (Neto et. al., 2019).

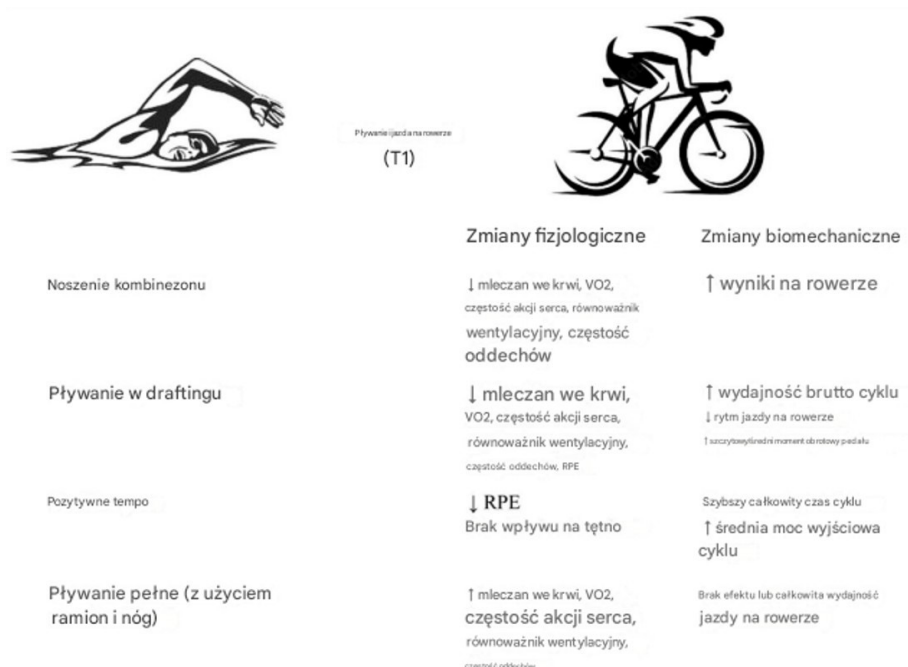
W świetle tych dowodów dotyczących zmian fizjologicznych trenerzy i zawodnicy powinni zwrócić szczególną uwagę na strategię zapobiegającą negatywnym skutkom intensywnego wysiłku w wodzie. Kluczowe znaczenie ma utrzymanie odpowiedniego poziomu nawodnienia poprzez suplementację węglowodanów (CHO) i elektrolitów, co może przyczynić się do lepszej regulacji gospodarki wodno-elektrolitowej i zmniejszenia ryzyka przedwczesnego zmęczenia. Dodatkowo, należy unikać nadmiernego wzrostu temperatury ciała, zwłaszcza w przypadku noszenia pianki neoprenowej lub ciepłej odzieży w ekstremalnych warunkach środowiskowych (Sellés-Pérez et. al., 2019).

Oprócz aspektów fizjologicznych istotnym czynnikiem wpływającym na wyniki jest strategia tempa pływania. Odpowiednie rozłożenie intensywności w tym segmencie nie tylko optymalizuje osiągi w wodzie, ale także może istotnie oddziaływać na wydajność w kolejnej części zawodów – jeździe na rowerze (rys. 2) (Ambrosini et. al., 2022).

Jednak wciąż istnieją kontrowersje dotyczące długofalowych korzyści wynikających z intensywnych treningów i startów w zawodach wytrzymałościowych. Długotrwały, intensywny wysiłek prowadzi do wzrostu poziomu specyficznych biomarkerów sercowych, takich jak troponina T (cTnT), troponina I (cTnI), izoenzym kinazy kreatynowej MB (CKMB) oraz N-końcowy fragment propeptydu natriuretycznego typu B (NT-pro BNP) u zdrowych sportowców wytrzymałościowych. Troponiny cTnT i cTnI są wysoce czułymi i specyficznymi markerami uszkodzenia mięśnia sercowego, wykrywanymi nawet przy współistniejących

uszkodzeniach mięśni szkieletowych. Po mikrourazach kardiomiocytów troponiny uwalniane są do krwiobiegu w ciągu 3–10 godzin, co pozwala monitorować potencjalne przeciążenia organizmu (Park & Kwak, 2019).

Rysunek 2. Wpływ segmentu pływackiego na segment rowerowy w kontekście zmian fizjologicznych i biomechanicznych.



Skróty:

RPE – wskaźnik odczuwanego wysiłku (rate of perceived exertion)

T1 – przejście z pływania do jazdy na rowerze (swim-to-cycle transition)

VO_2 – kinetyka poboru tlenu (oxygen uptake kinetics)

↓ – redukcja

↑ – zwiększenie

Źródło: (Ambrosini et. al., 2022).

Mimo tych obaw ćwiczenia aerobowe są powszechnie uznawane za istotny czynnik obniżający ryzyko chorób serca. Wzrost zainteresowania aktywnością fizyczną spowodował, że coraz więcej osób angażuje się w różne formy sportów wytrzymałościowych, takich jak triathlon i maraton. Zarówno krótkotrwałe, jak i długotrwałe wysiłki wytrzymałościowe prowadzi do znaczącego zwiększenia maksymalnej konsumpcji tlenu, pojemności minutowej serca, objętości wyrzutowej oraz skurczowego ciśnienia krwi. W szczególności triathlon zyskuje na popularności dzięki jego wszechstronnemu wpływowi na zdrowie i ogólną sprawność

organizmu. Uczestnicy tych zawodów są na ogół postrzegani jako osoby prowadzące zdrowy tryb życia (Park & Kwak, 2019).

Aby w pełni wykorzystać korzyści wynikające z treningu, kluczowe jest maksymalizowanie efektów każdej jednostki treningowej poprzez odpowiednie wzmacnianie szlaków biochemicznych zarówno podczas wysiłku, jak i w fazie regeneracji. Jest to szczególnie istotne w triathlonie, gdzie zawodnicy muszą równocześnie doskonalić umiejętności w trzech dyscyplinach, co wiąże się z dużym obciążeniem treningowym. Wciąż jednak konieczne są dalsze badania nad skoordynowanymi i jednoczesnymi procesami metabolicznymi, jakie zachodzą w organizmie pod wpływem częstych bodźców treningowych o zróżnicowanej intensywności, objętości i charakterze ruchu (Etxebarria et. al., 2019).

WYMAGANIA FIZJOLOGICZNE I PLANOWANIE TRENINGU W ZALEŻNOŚCI OD DYSTANSU TRIATHLONOWEGO

Triathlon obejmuje różne dystanse zawodów, dostosowane do poziomu zaawansowania i celów sportowców. Wyróżnia się sprint, dystans olimpijski, dystans połówkowy (Half) oraz pełny dystans (Full) (tab. 1). Ponadto coraz większą popularność zdobywa sztafeta mieszana, w której czterech zawodników (w kolejności kobieta–mężczyzna–kobieta–mężczyzna) pokonuje triathlon na dystansie super-sprintu (Ambrosini et. al., 2022).

Tabela 1. Rodzaj zawodów triathlonowych, odpowiadający dystans i czas trwania

Typ wyścigu	Segment pływania (m)	Odcinek rowerowy (km)	Odcinek biegowy (m)	Zakres czasu trwania
Sztafeta mieszana	300	7	2000	15-20 minut
Sprint	750	20	5000	50-90 minut
Olimpijski	1500	40	10 000	105-150 minut
Półowa dystansu	1900	90	21 097	3-6 godz
Pełny dystans	3800	180	42 195	7-12 godz

Źródło: (Ambrosini et. al., 2022).

Z drugiej strony, jeśli różne bodźce treningowe są odpowiednio skoordynowane pod względem czasu, regeneracji oraz równowagi między intensywnością a objętością, ich skumulowany efekt może prowadzić do korzystnych adaptacji fizjologicznych zarówno na poziomie centralnym, jak i obwodowym. Kluczowe

znaczenie ma wzajemne przenikanie się adaptacji wywołanych przez różne formy wysiłku, co określa się mianem treningu uzupełniającego (cross-training). Choć liczba badań w tym obszarze jest ograniczona, sugeruje się, że zdolność biegowa triathlonisty może poprawić się dzięki adaptacjom centralnym wynikającym z treningu kolarskiego i odwrotnie (Etxebarria et. al., 2019).

Aby te procesy adaptacyjne były skuteczne, konieczne jest staranne opracowanie indywidualnych planów treningowych, zwłaszcza w okresach intensywnych przygotowań. Programy te powinny wspierać rozwój zdolności motorycznych i poprawę wyników, jednocześnie minimalizując ryzyko przeciążeń i kontuzji. Przerwy w treningu są często wynikiem nagłych lub gwałtownych zmian obciążeń, które mogą prowadzić do urazów. Regularność w realizacji założeń treningowych jest kluczowym czynnikiem optymalizującym przygotowanie do zawodów, a każda przerwa spowodowana chorobą lub kontuzją może znacząco obniżyć szanse na osiągnięcie zamierzonych wyników (Etxebarria et. al., 2019).

Wymagania stawiane przez triathlon długodystansowy podkreślają, że poziom wytrenowania ma decydujący wpływ na zmniejszenie obciążenia fizjologicznego podczas startu, a tym samym na końcowy wynik sportowy. Z perspektywy bioenergetycznej sukces w tej dyscyplinie zależy od zdolności organizmu do efektywnego utleniania makroskładników i przekształcania uzyskanej energii w energię mechaniczną niezbędną do pokonania trasy zawodów (Laursen, 2011).

To z kolei przekłada się na dłuższy czas treningu oraz większe obciążenie całkowite, ponieważ częstotliwość jednostek treningowych w tygodniu jest bardzo wysoka. Przykładem może być analiza przeprowadzona przez Mujikę, który wykazał, że elitarna triathlonistka odbyła 796 jednostek treningowych w ciągu 50 tygodni przygotowań do Igrzysk Olimpijskich w Londynie w 2012 roku. Tak duże objętości treningowe nie są jednak domeną wyłącznie sportowców najwyższego poziomu – Vleck i in. wykazali, że nawet nieelitarni triathloniści przygotowujący się do startu na dystansie olimpijskim średnio realizowali 12 jednostek treningowych tygodniowo. Jest to znacznie więcej w porównaniu do amatorów sportów wytrzymałościowych skoncentrowanych na jednej dyscyplinie – dla porównania maratończycy trenują średnio 4 razy w tygodniu, a kolarze amatorzy przeciętnie 2–3 razy w tygodniu (Neto et. al., 2019).

Tak intensywny reżim treningowy wiąże się ze znacznym wydatkiem energetycznym, co potwierdzają badania Kimber i in. (Kimber et. al., 2002) przeprowadzone na amatorskich triathlonistach startujących w zawodach Ironman w Nowej Zelandii. Wyniki wskazują, że całkowity wydatek energetyczny wynosił około 10 000 kcal, podczas gdy spożycie energii (w 94% pochodzącej

z węglowodanów) wynosiło około 4000 kcal. Oznacza to, że około 6000 kcal musiało pochodzić z endogennych, zmagazynowanych zasobów makroskładników. W związku z tym kluczowe staje się efektywne utlenianie zarówno tłuszczów, jak i węglowodanów, co ma bezpośredni wpływ na zdolność organizmu do utrzymania wysokiej wydolności w trakcie długotrwałego wysiłku (Laursen, 2011).

Adaptacje wytrzymałościowe zależą od rodzaju wysiłku, objętości, intensywności oraz częstotliwości skurczów mięśniowych. Mimo licznych badań wciąż brakuje jednoznacznych biologicznych dowodów, które pozwoliłyby na precyzyjne określenie optymalnego doboru objętości, intensywności i momentu bodźców treningowych dla sportowców. Dalsze badania nad wewnątrzkomórkowymi szlakami sygnalizacyjnymi są niezbędne, aby skuteczniej planować kolejność i harmonogram jednostek treningowych w triathlonie, zapewniając optymalną adaptację organizmu do specyficznych wymagań tej dyscypliny (Ettxebarria et. al., 2019).

Energia niezbędna do wysiłku w triathlonie jest głównie dostarczana poprzez fosforylację oksydacyjną zachodzącą w mitochondriach aktywnych mięśni. Kluczowe substraty w tym procesie to tlen, wolny difosforan adenozy (ADP), fosfor nieorganiczny oraz ekwiwalenty redukcyjne, które pochodzą z metabolizmu tłuszczów i węglowodanów. Substraty te są mobilizowane zarówno z zasobów wewnątrzmięśniowych, jak i z rezerw tkanki tłuszczowej, wątroby oraz węglowodanów dostarczanych z zewnątrz. Trening wytrzymałościowy uruchamia kaskadę sygnałów metabolicznych, które prowadzą do adaptacji organizmu, skutkujących:

- zwiększoną szybkością produkcji energii w szlakach tlenowych,
- ściślejszą kontrolą metaboliczną (tj. dopasowaniem produkcji ATP do jego hydrolizy),
- poprawą ekonomiki ruchu, a tym samym
- zmniejszeniem zmęczenia mięśni pracujących podczas wysiłku (Laursen, 2011).

Oprócz tych korzyści istnieją także dowody sugerujące związek między określonymi okresami treningowymi przygotowującymi do zawodów Ironman a osiąganymi wynikami. Badania wskazują, że dobrze zaplanowany program treningowy może wpływać na końcowe rezultaty. Jednak, mimo licznych analiz dotyczących pełnego dystansu Ironman, nadal brakuje badań opisujących zmiany w wydolności i składzie ciała po określonym cyklu przygotowawczym do zawodów Half-Ironman (Sellés-Pérez et. al., 2019).

Wysoka częstotliwość treningów jest charakterystyczna dla triathlonu, co często skutkuje realizacją wielu jednostek treningowych dziennie. Wielu triathlonistów, nawet w przypadku kontuzji, kontynuuje trening, przenosząc obciążenie na inną dyscyplinę. Może to jednak zwiększać ryzyko negatywnych skutków zdrowotnych, wynikających zarówno z przeciążeń, jak i braku pełnej regeneracji. Oprócz stresu fizycznego, jaki niesie intensywny trening, ogólny poziom stresu życiowego również może wpływać na samopoczucie i kondycję sportowców. W przypadku amatorów triathlonu czynniki takie jak obowiązki zawodowe, życie rodzinne i codzienne wyzwania mogą dodatkowo oddziaływać na ich zdolność do regeneracji (Neto et. al., 2019).

Badania wykazały, że osoby zgłaszające wyższy poziom stresu psychicznego i życiowego miały osłabione reakcje adaptacyjne po programach treningowych wytrzymałościowych i siłowych. Ponadto stres wydaje się moderować zależność między zmęczeniem a regeneracją, co oznacza, że sportowcy doświadczający wysokiego poziomu stresu mogą mieć większe trudności w powrocie do optymalnej formy po intensywnym wysiłku. Połączenie obciążeń treningowych z czynnikami stresogennymi spoza sportu sprawia, że skuteczne zarządzanie stresem staje się kluczowym elementem przygotowania sportowego.

Chociaż triathlon jest uznawany za sport wytrzymałościowy, obejmuje on różnorodne zawody trwające od 20 minut do ponad 8 godzin, z odmiennymi wymaganiami dotyczącymi osiągnięcia sukcesu. Specyficzne przygotowanie do każdego formatu wyścigu wymaga odmiennych programów treningowych, protokołów i celów, co prowadzi do ogólnych różnic pomiędzy specjalistami od różnych dystansów lub zmian w podejściu tego samego triathlonisty w trakcie sezonu, w miarę jak przygotowuje się on do różnych zawodów. Nawet w ramach jednego programu treningowego triathlonisty, codzienne lub tygodniowe wahania w obciążeniu treningowym i celach powinny iść w parze ze zmianami w podaży energii i składników odżywczych.

ŻYWIENIE SPORTOWE JAKO ELEMENT PLANU TRENINGOWEGO TRIATHLONISTY

W kontekście skutecznego przygotowania do startów na różnych dystansach, coraz większe znaczenie zyskują specjalistyczne strategie żywieniowe, ukierunkowane na optymalizację wydolności, wsparcie procesów adaptacyjnych oraz symulację warunków dnia zawodów. Powinny one być odpowiednio wdrażane wokół kluczowych jednostek treningowych oraz w poszczególnych fazach cyklu

przygotowawczego. Tabela 2 przedstawia przykłady składników odżywczych oraz strategii żywieniowych, które mogą być periodyzowane w ramach różnych modeli treningowych powszechnie stosowanych przez triathlonistów. Świadome i indywidualnie dostosowane podejście do żywienia sportowego wymaga współpracy pomiędzy zawodnikiem, trenerem, specjalistą ds. żywienia oraz naukowcami sportowymi, a jego skuteczność opiera się na bieżącej analizie informacji zwrotnej oraz wcześniejszych doświadczeń treningowych i startowych (Burke & Cox, 2020).

Tabela 2. Przykłady periodyzacji spożycia składników odżywczych i strategii żywieniowych dla triathlonistów

Składnik/kwestia	Tło	Periodyzacja w cyklu treningowym lub dobowym	Periodyzacja w ciągu dnia
Energia	Zapotrzebowanie zależy od masy ciała i obciążenia treningowego.	Zwiększyć spożycie w okresie intensywnych lub objętościowych treningów.	Równomierne rozłożenie spożycia może wspomóc regenerację i koncentrację.
Węglowodany	Główne źródło energii dla mięśni i mózgu. Dzielne cele zależą od rodzaju treningu.	Zwiększyć przy dużym obciążeniu; zmniejszyć przy lekkim treningu; „ładowanie” przed wyścigiem.	Można ograniczyć przed/treningiem dla „train low”; zwiększyć po/w trakcie sesji; przyspieszyć odbudowę glikogenu.
Białko	Wspiera syntezę mięśni i adaptację. Potrzeby rosną przy intensywnym treningu.	Codzienny cel: 1,4–1,7 g/kg; może wzrosnąć do 1,8–2,4 g/kg w celu utrzymania masy mięśniowej.	Spożycie rozłożone na 3–5 posiłków po 0,3–0,4 g/kg; zwiększyć po dużych posiłkach lub przy wysokim udziale tłuszczu.
Woda	Należy pokryć obowiązkowe straty płynów (m.in. pot, moczu).	Zwiększyć przy upale, na wysokości, w okresie dużej potliwości; kontrolować bilans płynów.	Hiperhydracja przed sesją może pomóc; nawadnianie indywidualne; możliwy celowy deficyt płynów dla adaptacji.
Żelazo	Wzrost zapotrzebowania, zwłaszcza u kobiet i podczas treningów na wysokości.	Zwiększyć przy dużym obciążeniu; monitorować status żelaza.	Spożywać produkty bogate w żelazo o odpowiednich porach, by uniknąć działania hepcydyny.
Kofeina	Poprawia wydolność i zmniejsza odczucie zmęczenia.	Strategie kofeinowe należy testować; pomocna przy intensywnym treningu („train low”).	Spożycie powinno unikać wpływu na sen; możliwa rytualizacja spożycia.

Źródło: (Burke & Cox, 2020).

Skuteczne planowanie strategii żywieniowych wymaga również uwzględnienia indywidualnych preferencji, nawyków kulturowych, szczególnych potrzeb dietetycznych – w tym nietolerancji pokarmowych i ograniczeń żywieniowych – a także dostępności żywności w otoczeniu sportowca, która może ulegać zmianom ze względu na międzynarodowy charakter zawodów triathlonowych (Burke & Cox, 2020). Wysokie obciążenia treningowe, charakterystyczne dla przygotowań do startów na długich dystansach i wynikające z konieczności opanowania trzech odmiennych dyscyplin, nierzadko przekraczają 20–30 godzin tygodniowo (Palazzetti & Margaritis, 2003). Tak intensywny reżim stanowi istotne wyzwanie pod względem zaspokojenia całkowitego zapotrzebowania energetycznego, szczególnie w ograniczonych oknach czasowych pomiędzy jednostkami treningowymi a regeneracją. Dlatego triathloniści powinni nieustannie monitorować swój stan energetyczny i wykorzystywać każdą okazję – przed, w trakcie i po wysiłku – do uzupełniania zasobów energetycznych, dostosowując wybór produktów i napojów do bieżącego harmonogramu treningowego (Burke & Cox, 2020).

W praktyce treningowej triathlonistów niezwykle istotne staje się zastosowanie strategii żywieniowych nie tylko w kontekście dnia zawodów, ale również podczas kluczowych jednostek treningowych odwzorowujących realne warunki startowe. W takich sytuacjach zaleca się spożycie łatwo przyswajalnych przekąsek bogatych w węglowodany przed rozpoczęciem sesji, co pozwala nie tylko zwiększyć całkowitą podaż energii, ale przede wszystkim zapewnia wysoką dostępność węglowodanów, przekładając się na poprawę wydolności i efektywności wysiłku (Durkalec-Michalski et. al., 2022).

Podczas dłuższych sesji treningowych – takich jak rozciągnięte w czasie biegi, intensywne jednostki kolarskie czy tzw. „brick sessions” łączące różne dyscypliny – warto rozważyć spożycie produktów lub napojów zawierających białko. Takie podejście sprzyja utrzymaniu dodatniego bilansu azotowego, wspiera odbudowę tkanki mięśniowej i kostnej oraz stanowi dodatkowe źródło węglowodanów. W przypadku wysiłku o niższej intensywności, zawodnicy często lepiej tolerują pełnowartościowe i bogate w składniki odżywcze produkty, które choć nie są zalecane w dniu zawodów, wspomagają adaptacje treningowe oraz ogólne zdrowie i samopoczucie sportowca (Burke & Cox, 2020).

W sytuacjach wymagających szybkiej regeneracji – zwłaszcza w okresach startowych lub w trakcie realizacji kluczowych jednostek – szczególne znaczenie ma szybkie dostarczenie odpowiednich składników odżywczych. Przykładowo, w celu szybkiego uzupełnienia glikogenu między treningami, rekomenduje się spożycie węglowodanów w ilości do 1 g/kg masy ciała na godzinę w okresie

bezpośrednio po zakończeniu wysiłku, co pozwala wykorzystać okno zwiększonej syntezy glikogenu.

Uzupełnienie posiłków regeneracyjnych o białko wspiera nie tylko odbudowę białek mięśniowych, ale również może przyczynić się do efektywniejszej resyntezy glikogenu, zwłaszcza wtedy, gdy spożycie węglowodanów nie osiąga zalecanego poziomu (Betts & Williams, 2010).

Coraz więcej uwagi poświęca się także wpływowi celowych manipulacji żywieniowych na odpowiedź adaptacyjną organizmu. W szczególności brak wsparcia żywieniowego w trakcie lub po treningu – choć pozornie niekorzystny – może działać jako dodatkowy bodziec intensyfikujący procesy adaptacyjne. Przykładem tego typu podejścia jest prowadzenie treningów w warunkach umiarkowanego odwodnienia, co, jak sugerują badania, może wspierać aklimatyzację organizmu do wysiłku w podwyższonej temperaturze. Jednak najlepiej udokumentowanym mechanizmem wpływu ograniczonej dostępności składników odżywczych na adaptację fizjologiczną pozostaje manipulacja zasobami glikogenu mięśniowego.

Trening prowadzony przy niskiej dostępności węglowodanów, zwłaszcza endogennych, wykazuje selektywny wpływ na ekspresję genów oraz sygnalizację wewnątrzkomórkową w tkance mięśniowej. Mechanizmy te obejmują m.in. zmiany osmolalności komórek, wzrost aktywności enzymów regulacyjnych takich jak kinaza AMPK oraz zaburzenia w poziomach wolnych kwasów tłuszczowych, hormonów, glukozy i insuliny we krwi (Burke & Cox, 2020).

W odpowiedzi na te obserwacje opracowano szereg strategii mających na celu świadome ograniczanie dostępności węglowodanów w celu nasilania adaptacji („train low”). Przykłady takich metod obejmują wykonywanie sesji treningowych po nocnym poście lub bez spożycia węglowodanów podczas wysiłku, jak również bardziej zaawansowane podejścia – takie jak celowe wyczerpanie zapasów glikogenu podczas jednej sesji, a następnie przeprowadzenie drugiej bez ich uprzedniego uzupełnienia. Tego rodzaju strategię wymagają jednak starannego planowania i nadzoru, aby nie prowadziły do przeciążenia organizmu (Rothschild & Earnest, 2018).

W ostatnich latach rośnie zainteresowanie zastosowaniem produktów bogatych w związki fenolowe, takich jak wybrane odmiany wiśni czy jagód, ze względu na ich właściwości przeciwzapalne i potencjał wspierania regeneracji po intensywnym wysiłku. Związki te mogą przyczyniać się do zmniejszenia potreningowego bólu mięśni oraz ograniczenia zaburzeń ich funkcjonowania, szczególnie po wymagających jednostkach treningowych. Choć potrzeba dalszych badań, by w pełni określić ich skuteczność, naturalne źródła fitozwiązków są postrzegane jako

bardziej zrównoważona forma wsparcia żywieniowego. W zależności od celu – szybkiej regeneracji lub długofalowej adaptacji – konieczne może być stosowanie różnych strategii, dostosowanych do konkretnego etapu przygotowań (Rabello de Lima et. al., 2015).

W ramach kompleksowego planowania żywienia warto również uwzględnić działania wspierające zdrowie układu kostnego, w tym utrzymanie odpowiedniego poziomu dostępnej energii, dostarczanie właściwych ilości wapnia i witaminy D, a także przemyślane rozmieszczenie podaży węglowodanów i białka względem harmonogramu treningów (Sale & Elliott-Sale, 2019).

Choć obciążenia treningowe triathlonistów-amatorów zazwyczaj nie dorównują poziomowi intensywności charakterystycznemu dla zawodników elity, to w połączeniu z obowiązkami zawodowymi, życiem rodzinnym i ograniczonym czasem na regenerację, stanowią one poważne wyzwanie. W takich warunkach utrzymanie jakości snu, odpoczynku oraz regularności posiłków bywa utrudnione, co negatywnie wpływa na efekty treningowe i ogólne samopoczucie (Anta & Esteve-Lanao, 2011).

Z tego względu żywność sportowa odgrywa ważną rolę jako praktyczne i efektywne narzędzie umożliwiające pokrycie wysokiego zapotrzebowania na energię i składniki odżywcze – zarówno przed, w trakcie, jak i po treningach oraz zawodach (Franjić, 2023). Warto jednak pamiętać, że choć triathloniści często opierają swoje decyzje suplementacyjne na doświadczeniach innych zawodników, informacjach od trenerów lub medialnych rekomendacjach, kluczowe jest korzystanie z profesjonalnej porady, szczególnie w przypadku stosowania suplementów o charakterze medycznym (Burke & Cox, 2020).

ZAKOŃCZENIE

Podsumowując, w dążeniu do maksymalizacji wyników sportowych niezwykle istotne jest utrzymanie równowagi między stresem wynikającym z treningu, rywalizacji oraz codziennych obowiązków życiowych a efektywną regeneracją. Regularne monitorowanie obciążeń treningowych oraz samopoczucia zawodników pozwala na wczesne wykrywanie potencjalnych zagrożeń dla zdrowia i formy sportowej, umożliwiając wdrożenie działań zapobiegawczych i wspierających długofalowy rozwój (Neto et. al., 2019).

Równocześnie, biorąc pod uwagę długotrwały charakter wielu zawodów triathlonowych oraz konieczność precyzyjnego zarządzania spożyciem węglowodanów i płynów, włączenie suplementów wspomagających wydolność do strategii

żywieniowej wymaga przemyślanego podejścia. Ich stosowanie powinno być starannie zaplanowane i wielokrotnie testowane podczas treningów odwzorowujących warunki startowe. Integracja suplementacji z planem żywienia i nawykami zawodnika stanowi istotny element skutecznego przygotowania do rywalizacji (Burke & Cox, 2020).

LITERATURA

- Ambrosini, L., Presta, V., Galli, D., Mirandola, P., Vitale, M., Gobbi, G., & Condello, G. (2022). Interlink between physiological and biomechanical changes in the swim-to-cycle transition in triathlon events: A narrative review. *Sports Medicine - Open*, 8(1), 129.
- Anta, R. C., & Esteve-Lanao, J. (2011). Training load quantification in triathlon. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 218–232.
- Betts, J. A., & Williams, C. (2010). Short-term recovery from prolonged exercise: exploring the potential for protein ingestion to accentuate the benefits of carbohydrate supplements. *Sports Medicine*, 40(11), 941–959.
- Burke, L. M., & Cox, G. R. (2020). Nutrition strategies for triathlon. W S. Migliorini (Red.), *Triathlon medicine*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22357-1_17 (dostęp: 28.08.2022 r.).
- Durkalec-Michalski, K., Główna, N., Nowaczyk, P. M., Laszczak, A., Gogojewicz, A., & Suliburska, J. (2022). Do Triathletes Periodize Their Diet and Do Their Mineral Content, Body Composition and Aerobic Capacity Change during Training and Competition Periods? *Nutrients*, 15(1), 6.
- Etxebarria, N., Mujika, I., & Pyne, D. B. (2019). Training and competition readiness in triathlon. *Sports (Basel)*, 7(5), 101.
- Franjić, S. (2023). Athletes and nutrition. *Sport, Media and Business*, 9(1), 73–83.
- Laursen, P. B. (2011). Long distance triathlon: Demands, preparation and performance. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 247–263.
- Neto, J. H., Parent, E. C., & Kennedy, M. D. (2019). What is the training intensity distribution of recreational-level triathletes when preparing for an Olympic distance triathlon? Preprints. (dostęp: 18.03.2019 r.)

- Palazzetti, S., & Margaritis, I. (2003). Does overtraining occur in triathletes? *Biology of Sport*, 20(2), 39 -146.
- Park, C. H., & Kwak, Y.-S. (2019). Changes of cardiac biomarkers after ultradistance and standard-distance triathlon. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 15(2), 254.
- Rabello de Lima, L. C., Assumpção, C. de O., Prestes, J., & Denadai, B. S. (2015). Consumption of cherries as a strategy to attenuate exercise-induced muscle damage and inflammation in humans. *Nutricion Hospitalaria*, 32(5), 1885–1893.
- Rothschild, J., & Earnest, C. P. (2018). Dietary Manipulations Concurrent to Endurance Training. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 3(3), 41.
- Sale, C., & Elliott-Sale, K. J. (2019). Nutrition and Athlete Bone Health. *Sports Medicine*, 49(2), 139–151.
- Sellés-Pérez, S., Fernández-Sáez, J., Ferriz-Valero, A., Esteve-Lanao, J., & Cejuela, R. (2019). Changes in triathletes' performance and body composition during a specific training period for a Half-Ironman race. *Journal of Human Kinetics*, 67(1), 185.

ANALYSIS OF CHANGES IN PHYSICAL ACTIVITY AND HEALTH AMONG AMATEUR TRIATHLETES

Abstract: The article provides a comprehensive analysis of the physiological and biomechanical aspects of triathlon training across different race distances. It discusses the bodily changes athletes undergo in response to physical exertion, particularly during transitions between disciplines and after high-intensity events. The importance of exercise biomarkers and the impact of training strategies on physiological adaptation are emphasized. The role of sports nutrition is presented as an integral part of the training process, with a focus on individualized approaches based on the athlete's performance level, race distance, and training load. The article highlights the need for a balance between physical stress and recovery, underlining the importance of monitoring both physiological parameters and athletes' mental condition.

Keywords: Triathlon, physiological adaptation, exercise biomarkers, training strategies, sports nutrition, recovery.

ZASTOSOWANIE ANALIZY BIOIMPEDANCJI ELEKTRYCZNEJ (BIA) W OCENIE STANU ODŻYWIENIA TRIATHLONISTÓW

Streszczenie: Artykuł przedstawia szczegółową analizę zastosowania bioelektrycznej impedancji (BIA) w ocenie składu ciała sportowców wytrzymałościowych, ze szczególnym uwzględnieniem triathlonistów. Omówiono mechanizmy działania BIA, jej ograniczenia oraz różnice między technologiami pomiarowymi, podkreślając znaczenie precyzyjnego monitorowania nawodnienia i składu ciała w kontekście treningu sportowego. Przeanalizowano również historyczne i współczesne zastosowania BIA w medycynie i sporcie, wskazując na jej rolę diagnostyczną, kontrolną i wspierającą w planowaniu interwencji dietetycznych oraz treningowych. Szczególną uwagę poświęcono wpływowi nawodnienia i żywienia na wydolność fizyczną, profilaktykę urazów oraz adaptację organizmu do wysiłku. Podkreślono potrzebę periodyzacji strategii żywieniowych i edukacji żywieniowej sportowców jako kluczowych elementów wspomagających ich zdrowie i długofalowy rozwój.

Słowa kluczowe: Bioelektryczna impedancja, skład ciała, triathlon, trening wytrzymałościowy, strategia żywieniowa, zdrowie fizyczne, monitorowanie stanu nawodnienia.

WPROWADZENIE

Analiza bioelektrycznej impedancji (BIA) to nieinwazyjna technika szeroko stosowana w ocenie składu ciała, stanu odżywienia i poziomu nawodnienia, które stanowią kluczowe elementy monitorowania ogólnego zdrowia, samopoczucia oraz wydolności fizycznej (Mialich et. al., 2014). Jej popularność wynika z prostoty pomiaru i stosunkowo niskich kosztów, jednak tradycyjna metoda BIA ma pewne

ograniczenia. Bazuje ona na modelach i algorytmach zakładających stałe zależności między składnikami ciała w stabilnych okresach, co może prowadzić do błędów w oszacowaniach. Modele te wykorzystują równania regresyjne do przewidywania składników ciała na podstawie zmierzonej bioimpedancji. Chociaż liczne badania walidacyjne potwierdzają silną korelację między impedancją a objętością płynów (np. w porównaniu z metodą rozcieńczenia izotopowego), to ich dokładność predykcyjna jest specyficzna dla danej populacji. Co więcej, oszacowane standardowe błędy dla najlepszych równań regresyjnych BIA wynoszą około 3–8% dla całkowitej wody w organizmie (TBW) oraz 3–6% dla beztłuszczowej masy ciała (FFM), co ogranicza zastosowanie tej metody w diagnostyce klinicznej. W kontekście sportu i wysiłku fizycznego precyzyjne monitorowanie nawodnienia jest niezwykle istotne, ponieważ nawet niewielkie odwodnienie, które mieści się w granicach standardowego błędu BIA, może negatywnie wpływać na wydolność, a jednocześnie pozostawać niezauważone (Castizo-Olier et. al., 2018).

BIOELEKTRYCZNA IMPEDANCJA W PRAKTYCE KLINICZNEJ I SPORTOWEJ

Ze względu na swoją nieinwazyjność, niskie koszty oraz stosunkowo wysoką wiarygodność, BIA jest wykorzystywana zarówno w warunkach klinicznych, jak i pozaklinicznych. Zasada działania tej metody opiera się na zależności między składem ciała a czasem przejścia niskonapięciowego prądu elektrycznego przez organizm (Joshi & Bagal, 2014). Mimo to istnieją pewne ograniczenia wynikające z chemicznego składu beztłuszczowej masy ciała (FFM), w skład której wchodzi woda, białka, glikogen oraz minerały. Warto zaznaczyć, że FFM wykazuje znaczną zmienność zarówno międzyosobniczą, jak i wewnątrzosobniczą, co wynika z procesów wzrostu, dojrzewania, starzenia się oraz różnych stanów chorobowych. Z tego powodu precyzyjna ocena składu ciała metodą BIA może wymagać uwzględnienia tych czynników, aby uzyskać bardziej wiarygodne wyniki (Marra et. al., 2019).

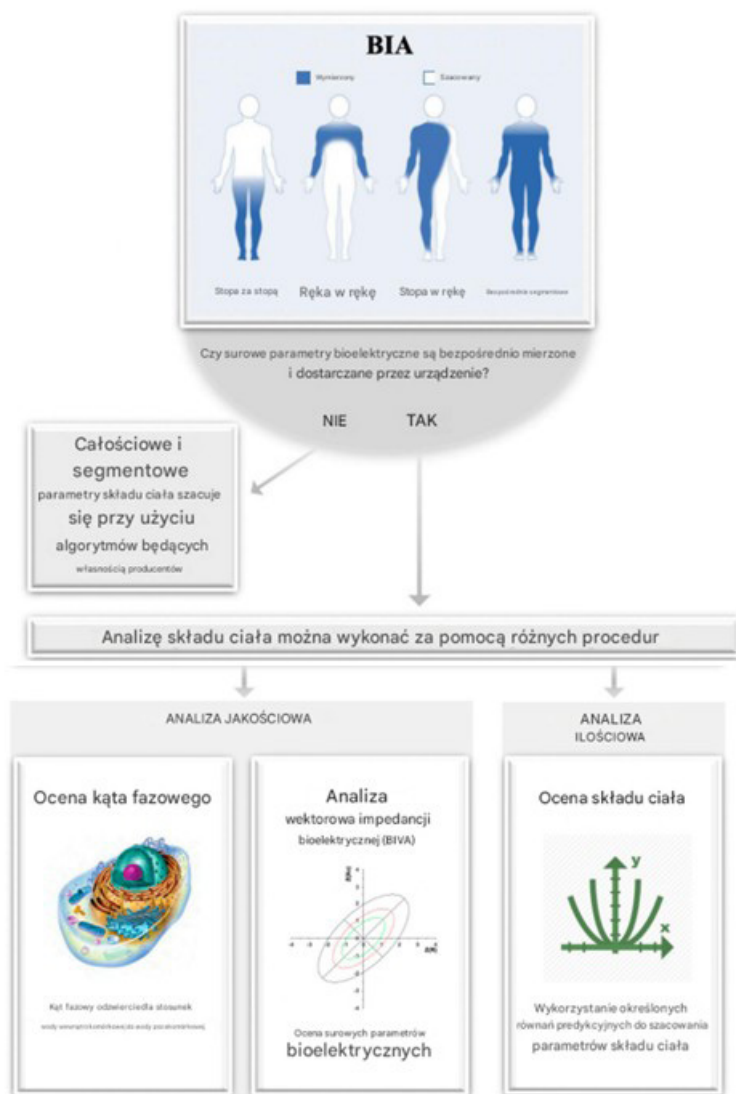
Na dokładność pomiarów BIA wpływają również różnice w urządzeniach i procedurach pomiarowych. W zależności od zastosowanej technologii można wyróżnić cztery główne metody pomiarowe: ręka-ręka, stopa-stopa, segmentowa bezpośrednia oraz stopa-ręka. W metodzie ręka-ręka impedancja jest mierzona w górnej części ciała, a pozostałe parametry są estymowane na podstawie dedykowanych algorytmów. Analogicznie, metoda stopa-stopa mierzy impedancję dolnej części ciała, a resztę wartości szacuje w podobny sposób. Z kolei segmentowa

metoda bezpośrednia pozwala na pomiar impedancji całego ciała, co zwiększa precyzję wyników. Warto podkreślić, że technologie ręka-ręka, stopa-stopa oraz segmentowa bezpośrednia cechują się wysoką powtarzalnością wyników, ponieważ są mniej zależne od operatora – urządzenie automatycznie generuje wyniki na podstawie wbudowanych algorytmów. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że niektóre urządzenia segmentowe bezpośrednie (np. InBody 720) dostarczają surowe dane BIA, które wymagają dalszej analizy z wykorzystaniem równań regresyjnych (González-Correa & Caicedo-Eraso, 2012).

Odmiernym podejściem jest technologia stopa-ręka, która wykorzystuje impedancję mierzoną za pomocą czterech lub ośmiu elektrod, co pozwala na szczegółową analizę składu ciała całego organizmu lub jego segmentów. W tym przypadku rozmieszczenie elektrod ma istotny wpływ na uzyskiwane wyniki, co może prowadzić do większych różnic między operatorami. Surowe dane BIA, uzyskane z różnych technologii pomiarowych, mogą być wykorzystywane zarówno do ilościowej, jak i jakościowej oceny składu ciała, co zwiększa możliwości zastosowania tej metody w różnych kontekstach. Podsumowanie przedstawiono na rysunku 1 (Campa et. al., 2021).

BIA mierzy opór tkanek ciała wobec przepływu niskonapięciowego, prądu przemiennego o częstotliwości radiowej. Kluczowym parametrem w tej metodzie jest bioelektryczna impedancja (Z), czyli opór tkanek wobec przepływu prądu, która stanowi wektorową sumę rezystancji (R) – głównego oporu przepływu przez płyny wewnątrz- i zewnątrzkomórkowe – oraz reaktancji (X_c), wynikającej z obecności elementów pojemnościowych, takich jak błony komórkowe, interfejsy tkanek oraz substancje niejonowe. W zależności od zastosowanego podejścia pomiar BIA może być wykonywany przy użyciu pojedynczej częstotliwości (SF-BIA) lub wielu częstotliwości (MF-BIA). Standardowa metoda SF-BIA wykorzystuje pojedynczą częstotliwość 50 kHz do szacowania TBW i FFM, jednak jej główną wadą jest brak możliwości rozróżnienia wody wewnątrzkomórkowej (ICW) i zewnątrzkomórkowej (ECW). W celu przezwyciężenia tego ograniczenia stosuje się MF-BIA, która wykorzystuje widmo częstotliwości oraz różne modele matematyczne do estymacji ICW i ECW. Niemniej jednak metoda ta również ma istotne ograniczenia, takie jak konieczność uwzględniania masy ciała (BM) jako zmiennej niezależnej, co może prowadzić do błędów w oszacowaniach. Większość badań naukowych wskazuje, że zarówno SF-BIA, jak i MF-BIA generują błędy predykcyjne, szczególnie u pacjentów z zaburzeniami zdrowotnymi, co ogranicza ich precyzję w bardziej wymagających zastosowaniach (Castizo-Olier et. al., 2018).

Rysunek 1. Przedstawiono paradygmat analizy bioelektrycznej impedancji



Źródło: (Campa et. al. 2021).

Pomimo szerokiego zastosowania BIA zarówno w warunkach klinicznych, jak i terenowych, zwłaszcza w ocenie składu ciała, takich jak masa tłuszczowa (FM), FFM, TBW, ICW i ECW, dokładność tej metody jest ograniczona przez zależność od równań regresyjnych. Modele te są zazwyczaj opracowywane na podstawie populacji niezwiązanych ze sportem lub specyficznymi dyscyplinami,

co może prowadzić do nieścisłości w oszacowaniach u sportowców. Dodatkowo, założenia dotyczące stałej izotropii tkanek oraz ich jednolitego nawodnienia rzadko są spełnione, co jeszcze bardziej obniża precyzję wyników. W konsekwencji, mimo iż BIA pozostaje wygodnym narzędziem do analizy składu ciała, jej wyniki powinny być interpretowane z uwzględnieniem potencjalnych błędów wynikających z różnic w budowie i nawodnieniu tkanek (Castizo-Olier et. al., 2018).

W kontekście pacjentów hospitalizowanych ocena składu ciała stanowi dodatkowe wyzwanie, ponieważ zaawansowane metody są często czasochłonne, kosztowne i nie nadają się do rutynowego zastosowania klinicznego. W takich przypadkach BIA jest bardziej praktycznym rozwiązaniem, ponieważ umożliwia szybkie i nieinwazyjne pomiary, które mogą być przeprowadzane przy łóżku pacjenta. Metoda ta jest szczególnie przydatna u osób zdrowych, które nie wykazują zaburzeń równowagi płynowej, nieprawidłowości w budowie ciała i mieszczą się w określonym zakresie BMI (16–34 kg/m²). Niemniej jednak, aby uzyskać rzetelne wyniki, konieczne jest zastosowanie odpowiednich równań regresyjnych, które uwzględniają kluczowe czynniki, takie jak wiek, płeć oraz specyfika populacji, do której należy pacjent (Norman et. al., 2008).

ANALIZA BIOIMPEDANCJI JAKO NARZĘDZIE DIAGNOSTYCZNE I MONITORUJĄCE W SPORCIE I MEDYCYNIE

Analiza bioimpedancji jest stosowana w praktyce klinicznej od lat 80. XX wieku i obecnie stanowi jedno z najczęściej wykorzystywanych narzędzi do badania składu ciała. Uznaje się ją za kluczowy element oceny stanu zdrowia, ponieważ pozwala na szybkie i precyzyjne określenie proporcji tkanki tłuszczowej, beztłuszczowej masy ciała oraz bilansu płynów w organizmie. Ze względu na swoją nieinwazyjność, szybkość wykonania oraz niski koszt, metoda ta stała się szeroko stosowana zarówno w diagnostyce klinicznej, jak i w monitorowaniu kondycji fizycznej. W ostatniej dekadzie jej popularność znacząco wzrosła, co wynika z rosnącej świadomości na temat znaczenia składu ciała dla zdrowia i wydolności organizmu. Skrót BIA odnosi się do analizy bioimpedancji lub bioelektrycznej impedancji, natomiast BIVA oznacza analizę wektorową bioelektrycznej impedancji, która pozwala na bardziej zaawansowaną ocenę stanu nawodnienia i dystrybucji płynów w organizmie (Catapano et. al., 2023).

Pierwsze praktyczne zastosowanie BIA miało miejsce w 1981 roku w amerykańskim wojsku, na górze McKinley na Alasce. Dr William Mills, kontradmirał Marynarki Wojennej Stanów Zjednoczonych, bazując na wcześniejszych

badaniach Hoffer'a z 1969 roku, wykorzystał pomiary BIA do oceny nawodnienia żołnierzy przebywających w ekstremalnych warunkach klimatycznych i na dużych wysokościach. Badania wykazały, że analiza bioimpedancji może skutecznie przewidywać całkowitą wodę w organizmie (TBW), co było kluczowe dla monitorowania stanu zdrowia żołnierzy. W związku z tym Marynarka Wojenna USA zamówiła w firmie RJL Systems cztery specjalnie zaprojektowane urządzenia BIA, które mogły działać w niskich temperaturach na wysokościach około 6000 m n.p.m. Równocześnie prowadzono monitoring parametrów krwi i moczu, co pozwalało na dokładniejszą analizę stanu fizjologicznego badanych. Metoda rozmieszczenia elektrod stosowana w tych badaniach była zbliżona do obecnie używanych standardów. Kilka lat później Hank Lukaski z Uniwersytetu Północnej Dakoty był jednym z pierwszych naukowców, którzy opublikowali artykuł dotyczący wykorzystania BIA w ocenie składu ciała, co przyczyniło się do dalszej popularyzacji tej techniki (Catapano et. al., 2023).

Współczesne zastosowanie BIA w sporcie wynika z faktu, że zdolność do podejmowania długotrwałego wysiłku jest w dużej mierze determinowana przez wydolność tlenową, dostępność substratów energetycznych, aktywność enzymów oraz efektywność termoregulacji i funkcjonowania układu sercowo-oddechowego. Czynniki te stanowią podstawę oceny poziomu sprawności sportowca i są kształtowane zarówno przez predyspozycje genetyczne, jak i reżim treningowy, sposób odżywiania oraz skład ciała. Analiza bioimpedancji pozwala na monitorowanie tych parametrów, dostarczając cennych informacji na temat dystrybucji masy mięśniowej i tkanki tłuszczowej, co ma kluczowe znaczenie w optymalizacji programów treningowych i dietetycznych. Dodatkowo intensywny wysiłek fizyczny, niedobory żywieniowe oraz stres psychiczny mogą prowadzić do zmęczenia mięśni, ich uszkodzeń oraz stresu oksydacyjnego, co zwiększa zapotrzebowanie na precyzyjne monitorowanie stanu organizmu. W tym kontekście BIA stanowi wartościowe narzędzie wspierające zarówno sportowców, jak i specjalistów zajmujących się ich przygotowaniem fizycznym (Durkalec-Michalski et. al., 2022):

- Obecnie badania bioimpedancji znajdują szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach medycyny i nauk o zdrowiu. Dzięki swojej nieinwazyjności i łatwości wykonania, metoda ta umożliwia szybkie monitorowanie zmian w składzie ciała i stanie nawodnienia, co czyni ją przydatnym narzędziem diagnostycznym i kontrolnym. W zależności od obszaru zastosowania, BIA pełni różne funkcje:

- Medycyna pierwszego kontaktu – stosowana w monitorowaniu stanu odżywienia pacjentów, szczególnie w przypadkach otyłości lub nadwagi, a także w wykrywaniu patologii związanych z wahaniami płynów w organizmie. Umożliwia również ocenę zmian hydroelektrolitowych, co wspomaga wczesną diagnostykę niewydolności serca i precyzyjne dawkowanie diuretyków.
- Medycyna sportowa – wykorzystywana do monitorowania nawodnienia organizmu oraz zmian w beztłuszczowej masie ciała (FFM) i masie tłuszczowej (FM), co pozwala ocenić efekty intensywnych treningów oraz skutki nieodpowiedniej diety.
- Położnictwo i ginekologia – służy do monitorowania zmian masy ciała i retencji wody w okresie ciąży oraz menopauzy, co ma istotne znaczenie dla zdrowia kobiet w tych kluczowych etapach życia.
- Geriatria – pomocna w ocenie zmian masy ciała i poziomu nawodnienia u osób starszych, wspomagając określanie zapotrzebowania na odpowiednią dietę i nawodnienie, co może przeciwdziałać niedożywieniu i odwodnieniu w tej grupie pacjentów.
- Dietetyka – umożliwia monitorowanie zmian w składzie ciała podczas programów dietetycznych oraz ocenę stanu nawodnienia i masy komórkowej, co pozwala na precyzyjne dostosowanie strategii żywieniowych do indywidualnych potrzeb pacjentów.
- Żywnienie pozajelitowe – stosowana do oceny początkowego stanu odżywienia pacjentów, co jest istotne przy planowaniu terapii żywieniowej, zwłaszcza na oddziałach intensywnej terapii i resuscytacji.
- Nefrologia i dializa – wykorzystywana do określania optymalnej masy ciała pacjenta i dostosowywania sesji hemodializy. Monitorowanie poziomu płynów w organizmie przed i po dializie pozwala na precyzyjne określenie zapotrzebowania na ten zabieg.
- Onkologia i HIV – pozwala na identyfikację pacjentów z obniżoną masą komórkową lub zaburzeniami bilansu wodnego, które mogą wynikać z terapii. Wykorzystuje się także kąt fazowy jako wskaźnik prognostyczny przeżycia, co ma znaczenie w monitorowaniu postępów leczenia (Catapano et. al., 2023).

Mimo szerokiego zastosowania BIA, obecnie metodą referencyjną w ocenie składu ciała pozostaje dwuwiązkowa absorpcjometria rentgenowska (DXA). Jej przewaga wynika z wysokiej precyzji w określaniu zawartości minerałów

kostnych, tkanki tłuszczowej oraz beztłuszczowej masy ciała, co pozwala na szczegółową analizę składu organizmu według tzw. modelu trójprzedziałowego. DXA wykorzystuje promieniowanie rentgenowskie o niskiej emisji do pomiaru osłabienia wiązki promieniowania podczas przechodzenia przez różne tkanki – kości wykazują wysokie osłabienie, natomiast tkanka tłuszczowa znacznie mniejsze (Marra et. al., 2019).

Chociaż technologia DXA (ang. Dual-energy X-ray Absorptiometry) jest często określana mianem „złotego standardu” w ocenie składu ciała, należy pamiętać, że jej dokładność również opiera się na szacunkach. DXA bezpośrednio mierzy jedynie gęstość mineralną kości, natomiast zawartość tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej masy ciała wyliczana jest na podstawie algorytmów, co może prowadzić do błędów interpretacyjnych. Z tego względu, mimo zaawansowania technologicznego, metoda ta nie powinna być traktowana jako absolutnie precyzyjna w kontekście pomiaru tłuszczu ustrojowego (Scafoglieri & Clarys, 2018).

Alternatywą dla technik takich jak BIA czy DXA jest antropometryczna metoda pomiaru fałdów skórnych, której standaryzację zapewnia m.in. Międzynarodowa Organizacja ISAK (International Society for the Advancement of Kinanthropometry). Choć również nie jest to metoda wolna od ograniczeń, jej dużą zaletą jest wysoka powtarzalność przy zachowaniu odpowiedniego przeszkolenia osoby dokonującej pomiarów. W praktyce pozwala to na uzyskanie stosunkowo dokładnych i porównywalnych danych dotyczących zawartości tkanki tłuszczowej, szczególnie w badaniach sportowców (Molla, 2017).

Znaczenie odpowiedniego odżywiania jest szczególnie istotne w kontekście sportowców, którzy poddawani są intensywnym treningom i często posiadają predyspozycje genetyczne do osiągnięcia wysokich wyników. Dieta może decydować o zdolności do uczestnictwa w wymagających jednostkach treningowych oraz mieć wpływ na końcowy rezultat rywalizacji sportowej. Odpowiednio zbilansowane odżywianie i suplementacja wspierają zarówno sam wysiłek fizyczny, jak i proces regeneracji, umożliwiając efektywną resyntezę substratów energetycznych oraz odbudowę uszkodzonych tkanek (Sygit, 2016). Mimo rosnącej świadomości na temat roli żywienia w sporcie, badania wykazują, że wielu sportowców popełnia błędy dietetyczne, takie jak nieregularność posiłków, niedostateczna częstotliwość spożywania określonych grup produktów spożywczych czy nadmierne spożycie napojów energetycznych i słodzonych. W konsekwencji może to negatywnie wpływać na zdolność regeneracyjną organizmu oraz długoterminową wydolność fizyczną, co podkreśla konieczność edukacji w zakresie prawidłowego planowania diety sportowej (Durkalec-Michalski et. al., 2022).

Jednak obliczanie składników ciała na podstawie parametrów impedancyjnych uzyskanych za pomocą BIA wymaga spełnienia określonych założeń, takich jak jednorodny skład tkanek, stała powierzchnia przekroju oraz równomierny rozkład gęstości prądu. W praktyce klinicznej warunki te często nie są spełnione, zwłaszcza u pacjentów hospitalizowanych i obciążonych chorobami. Głównym czynnikiem wpływającym na dokładność pomiarów są zaburzenia nawodnienia organizmu, które mogą występować w zespole nerczycowym, niewydolności nerek, niewydolności serca, otyłości czy marskości wątroby. Zmiany w dystrybucji wody wewnątrz- i zewnątrzkomórkowej dodatkowo utrudniają precyzyjne oszacowanie składu ciała, co ogranicza zastosowanie BIA w niektórych przypadkach klinicznych (Norman et. al., 2008).

Ponadto, niezależnie od zastosowanej technologii, mogą występować różnice zarówno między urządzeniami, jak i w obrębie jednego modelu, co wynika z częstotliwości próbkowania oraz metod przetwarzania danych. Badania wykazały, że zmiany w surowych parametrach bioimpedancji mogą być efektem stosowania różnych częstotliwości pomiarowych. Wiele urządzeń operuje w zakresie od 5 kHz do 500 kHz, choć niektóre osiągają nawet 1000 kHz. Niska częstotliwość (np. 5 kHz) dostarcza informacji jedynie o wodzie pozakomórkowej, ponieważ błona komórkowa stanowi barierę dla przepływu prądu. Natomiast przy wyższych częstotliwościach prąd może przepływać przez przestrzeń zarówno wewnątrzkomórkową, jak i pozakomórkową, co pozwala na dokładniejszą ocenę bilansu wodnego. Niemniej jednak, badania wykazały niską powtarzalność pomiarów dla wartości poniżej 5 kHz oraz powyżej 200 kHz, co sugeruje konieczność stosowania częstotliwości pośrednich. Aby przezwyciężyć ten problem, jako optymalną wartość referencyjną zaproponowano 50 kHz. Dodatkowo, niektóre urządzenia umożliwiają pomiary przy wielu częstotliwościach w ramach spektroskopii bioelektrycznej impedancji, stosując modelowanie Cole'a i teorie mieszanin zamiast tradycyjnych równań regresyjnych. Jednak nadal nie ma jednoznacznych ustaleń co do minimalnej liczby częstotliwości wymaganych do uznania urządzenia BIA za spektroskopowe, co pozostaje przedmiotem dalszych badań (Campa et. al., 2021).

W kontekście sportu na sukces w rywalizacji wpływa wiele czynników o charakterze zarówno endogennym, jak i egzogennym. Do kluczowych należą reżim treningowy, sposób odżywiania, wskaźniki fizyczne i fizjologiczne, doświadczenie, technika, stan psychiczny oraz motywacja, które kształtują się w procesie przygotowań zawodnika. W szczególności dyscypliny wytrzymałościowe, takie jak triathlon, wymagają intensywniejszego obciążenia treningowego oraz większej

objętości jednostek treningowych w porównaniu do sportów opartych na jednej specjalizacji (Patil, 2024). Trening wytrzymałościowy wpływa na adaptacje metaboliczne, poprawia funkcjonowanie układu oddechowego i krążeniowego oraz zwiększa efektywność pracy mięśni, co pozwala na opóźnienie wystąpienia zmęczenia podczas długotrwałej aktywności fizycznej. Odpowiednie monitorowanie składu ciała, w tym poziomu nawodnienia i masy mięśniowej, stanowi istotny element optymalizacji strategii treningowych, umożliwiając dostosowanie obciążeń do indywidualnych potrzeb zawodnika (Durkalec-Michalski et. al., 2022).

Badania wykazały, że długotrwałe niedostateczne spożycie energii i składników odżywczych może zwiększać ryzyko wystąpienia zespołu przetrenowania – stanu, w którym intensywność treningu przekracza zdolność organizmu do regeneracji. Niedobory te mogą również prowadzić do zwiększonej podatności na infekcje, osłabienia układu odpornościowego oraz występowania złamań przeciążeniowych. Dodatkowo, długotrwałe deficyty energetyczne lub względny niedobór energii w sporcie mogą powodować szereg powikłań zdrowotnych, obejmujących układ pokarmowy, hormonalny, rozrodczy, szkieletowy, nerkowy, sercowo-naczyniowy oraz ośrodkowy układ nerwowy. Pomimo kluczowej roli odpowiedniego żywienia w utrzymaniu zdrowia i wydolności organizmu, wcześniejsze badania wykazały, że wielu sportowców nie dostarcza wystarczającej ilości energii, makroskładników i mikroskładników odżywczych, co może negatywnie wpływać na ich wyniki sportowe oraz ogólną kondycję fizyczną (Turner & Alves, 2023).

ZAKOŃCZENIE

W kontekście treningu sportowego kluczowe znaczenie ma nie tylko odpowiednia podaż składników odżywczych, ale także systematyczne monitorowanie i utrzymanie optymalnego stanu odżywienia (Hernández Ponce et. al., 2021). Podstawowym wskaźnikiem pozwalającym na ocenę kondycji fizycznej jest analiza składu ciała, której wyniki, w połączeniu z oceną wybranych biomarkerów klinicznych (np. we krwi, ślinie, moczu czy włosach), dostarczają cennych informacji o stanie organizmu. Regularna kontrola tych parametrów umożliwia ocenę skuteczności interwencji dietetycznych i treningowych, a świadome zarządzanie składem ciała wspomaga wydolność fizyczną, adaptację do wymagań danej dyscypliny oraz zdolność do realizacji intensywnych obciążeń treningowych (Durkalec-Michalski et. al., 2022).

Odpowiednie żywienie stanowi jeden z kluczowych czynników warunkujących optymalizację treningu, poprawę wydolności, skuteczną regenerację oraz

profilaktykę urazów u sportowców wytrzymałościowych. Zawodnicy uprawiający dyscypliny wymagające wysokiej objętości treningowej są szczególnie narażeni na zmęczenie i uszkodzenia mięśni, które mogą negatywnie wpływać na ich osiągi sportowe. Aby złagodzić skutki długotrwałego lub intensywnego wysiłku, sportowcy stosują strategie żywieniowe wspierające regenerację, utrzymanie zdrowia oraz adaptację do zwiększonych obciążeń treningowych (Turner & Alves, 2023).

Podsumowując, wyniki badań wskazują na konieczność wprowadzenia edukacji żywieniowej wśród triathlonistów, koncentrującej się na periodyzacji żywienia dostosowanej do specyficznych wymagań treningowych i startowych. Świadome zarządzanie podażą energii i składników odżywczych pozwoli nie tylko na poprawę wyników sportowych, ale także na skuteczne zapobieganie niedoborom i ich negatywnym konsekwencjom zdrowotnym (Durkalec-Michalski et. al., 2022).

LITERATURA

- Campa, F., Toselli, S., Mazzilli, M., Gobbo, L. A., & Coratella, G. (2021). Assessment of body composition in athletes: A narrative review of available methods with special reference to quantitative and qualitative bioimpedance analysis. *Nutrients*, 13(5), 1620.
- Castizo-Olier, J., Carrasco-Marginet, M., Roy, A., Chaverri, D., Iglesias, X., Pérez-Chirinos, C., Rodríguez, F. A., & Iruetia, A. (2018). Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) and body mass changes in an ultra-endurance triathlon event. *Journal of Sports Science and Medicine*, 17(4), 571.
- Catapano, A., Trinchese, G., Cimmino, F., Petrella, L., Di Maio, G., Crispino, M., Cavaliere, G., Monda, M., & Mollica, M. (2023). Impedance analysis to evaluate nutritional status in physiological and pathological conditions. *Nutrients*, 15(10), 2264.
- Durkalec-Michalski, K., Głowska, N., Nowaczyk, P. M., Laszczak, A., Gogojewicz, A., & Suliburska, J. (2022). Do triathletes periodize their diet and do their mineral content, body composition and aerobic capacity change during training and competition periods? *Nutrients*, 15(1), 6.
- González-Correa, C. H., & Caicedo-Eraso, J. C. (2012). Bioelectrical impedance analysis (BIA): a proposal for standardization of the classical method in adults. 407(1), 1-13.

- Hernández Ponce, L., Carrasco García, M. S., Fernández Cortés, T. L., González Unzaga, M. A., & Ortiz Polo, A. (2021). Nutrición e hidratación en el deportista, su impacto en el rendimiento deportivo. 9(18), 141–152.
- Joshi, S. R., & Bagal, U. R. (2014). Development of Bioelectrical impedance analyzer for Body composition analysis. IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering, 9(5), 53–62.
- Marra, M., Sammarco, R., De Lorenzo, A., Iellamo, F., Siervo, M., Pietrobelli, A., Donini, L. M., Santarpia, L., Cataldi, M., Pasanisi, F., & Contaldo, F. (2019). Assessment of body composition in health and disease using bioelectrical impedance analysis (BIA) and dual energy X-ray absorptiometry (DXA): a critical overview. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2019/3548284> (dostęp: 29.05.2019 r.).
- Mialich, M. S., Sicchieri, J. M. F., & Júnior, A. A. J. (2014). Analysis of Body Composition: A Critical Review of the Use of Bioelectrical Impedance Analysis. 2(1), 1–10.
- Molla, H. G. (2017). Review of Anthropometric Characteristics of Runners. Journal of Tourism, Hospitality and Sports, 25, 26–31.
- Norman, K., Smoliner, C., Kilbert, A., Valentini, L., Lochs, H., & Pirlich, M. (2008). Disease-related malnutrition but not underweight by BMI is reflected by disturbed electric tissue properties in the bioelectrical impedance vector analysis. British journal of nutrition, 100(3), 590–595.
- Patil, S. S. Y. (2024). A Study on Impacts of Psychological Factors on Sports Training. International Journal of Physical Education and Sports Sciences, 18(2), 6–9.
- Scafoglieri, A., & Clarys, J. P. (2018). Dual energy X-ray absorptiometry: gold standard for muscle mass? Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle, 9(4), 786–787.
- Sygit, K. (2016). Principles of nutrition in sports training and health training. 15(4), 157–167.
- Turner, I., & Alves, E. (2023). Nutrient adequacy in endurance athletes. International journal of environmental research and public health, 20(8), 5469.

APPLICATION OF BIOELECTRICAL IMPEDANCE ANALYSIS (BIA) IN ASSESSING THE NUTRITIONAL STATUS OF TRIATHLETES

Abstract: The article provides a detailed analysis of the application of bioelectrical impedance analysis (BIA) in assessing body composition among endurance athletes, with a particular focus on triathletes. It discusses the mechanisms of BIA, its limitations, and differences between measurement technologies, highlighting the importance of accurate monitoring of hydration status and body composition in the context of athletic training. The article also examines both historical and current uses of BIA in medicine and sports, emphasizing its diagnostic, monitoring, and supportive roles in planning dietary and training interventions. Special attention is given to the impact of hydration and nutrition on physical performance, injury prevention, and the body's adaptation to physical effort. The need for nutritional periodization and education is underscored as a crucial factor in supporting athletes' health and long-term development.

Keywords: Bioelectrical impedance, body composition, triathlon, endurance training, nutritional strategy, physical health, hydration monitoring.

DOMNIEMANA ZGODA W POLSKIM PRAWIE TRANSPLANTACYJNYM – MIĘDZY SYSTEMEM TWARDYM A MIĘKKIM

Streszczenie: Ustawa transplantacyjna w Polsce opiera się na zasadzie domniemanej zgody („opting out”), co oznacza, że narządy mogą być pobrane od zmarłego, jeśli ten za życia nie zgłosił sprzeciwu. Sprzeciw może zostać zgłoszony w formie wpisu do centralnego rejestru, pisemnego oświadczenia albo ustnie, w obecności świadków. W praktyce lekarze często respektują wolę rodziny, mimo że formalnie nie mają takiego obowiązku, co sprawia, że system polski nie jest jednoznacznie ani „twardy”, ani „miękki”.

Słowa kluczowe: zgoda domniemana, transplantologia, prawo, sprzeciw.

WPROWADZENIE

Transplantacja narządów, tkanek i komórek stanowi jedno z największych osiągnięć współczesnej medycyny, dając pacjentom szansę na przedłużenie życia oraz jego znaczną poprawę. Skuteczność tego rodzaju terapii zależy jednak nie tylko od poziomu zaawansowania technologicznego i medycznego, lecz również od odpowiednio skonstruowanych regulacji prawnych oraz społecznego przyzwolenia na dawstwo pośmiertne. W kontekście polskiego systemu prawnego szczególne znaczenie ma przyjęcie modelu zgody domniemanej („opting out”), który zakłada, że każdy obywatel, jeśli za życia nie wyraził sprzeciwu, może być potencjalnym dawcą po śmierci.

CHARAKTERYSTYKA MODELI „OPT-IN” I „OPT-OUT”

Procedując obecny kształt ustawy transplantacyjnej zastanawiano się, kto powinien wyrażać zgodę na pobranie komórek, tkanek i narządów. Prezentowano różne stanowiska w tej kwestii. Wskazywano na dawcę, jego rodzinę, a nawet na specjalnie do tego powołany organ państwowy (Kubiak, 2017). Na świecie wypracowano dwa modele „opting in” (Scholz, 2020) oraz „opting out” (Scholz, 2020). Model zgody domniemanej nazywany jako „opting out” przyjmuje, że osoba uznana za zmarłą może być potencjalnym dawcą komórek, tkanek i narządów, chyba, że wyraziła swój sprzeciw za życia. W krajach, w których przyjęto „opting-in” istnieje wymóg formalnej rejestracji zgody na pośmiertne pobrania narządów. To rozwiązanie obowiązuje np. w Stanach Zjednoczonych i Danii (Tennankore et. al., 2021).

Nie jest to jedyne rozróżnienie opracowane przez doktrynę w kwestii klasyfikacji zgody na pobranie. Wyszczególnia się systemy „miękkie” i „twarde”. Ich podział skupiony został na dyferencjacji między podmiotami mającymi umocowanie prawne w kwestii podejmowania decyzji. Rozwiązanie „twarde” zastosowano np. w Hiszpanii i Francji. Tutaj obowiązuje zasada domniemania zgody. Ustawodawca stawia znak równości między zgodą, a brakiem sprzeciwu za życia. To rozwiązanie jest właśnie dlatego krytykowane, ponieważ zgoda sama w sobie zakłada jakiś element ekspresji w formie czynnej, a nie biernej. Pojawiają się głosy, iż takie działania ze strony państwa mogą być odbierane jako „zawłaszczanie zwłok”. Za jego mankament uważa się również nieuwzględnienie woli rodziny w sprawie pobrania materiału biologicznego (Rudge, 2018). System „miękki” różni się tylko i wyłącznie tym, że w obowiązujących przepisach uwzględniona została rola rodziny, którego zdanie jest prawnie wiążące (Polityka, 2021).

Bardzo długo system „opting out” postrzegano jako sposób rozwiązania problemu zbyt małej ilości komórek, tkanek i narządów do transplantacji. Obserwując jednak statystyki w krajach, w których jeden system zastąpiono drugim, nie zaobserwowano długofalowego wzrostu zabiegów transplantacyjnych z wykorzystaniem narządów od zmarłych dawców. Zaobserwowano, iż minimalnie odsetek wykonanych przeszczepów zwiększył się, ale trudno jednoznacznie potwierdzić, że wzrost ten wiązał się bezpośrednio ze zmianą prawa (Rudge, 2018). Ustawodawca hiszpański argumentował, że wprowadzenie tzw. zgody domniemanej w 1979 r., nie przyczyniło się w ciągu 10 lat do poprawy statystyk transplantacyjnych. Natomiast dofinansowanie transplantologii z budżetu państwa, wykształcenie koordynatorów i zatrudnienie ich w każdym szpitalu, który posiada oddział

intensywnej opieki medycznej w znaczący sposób pomogło w rozwoju donacji i przełożyło się na wzrost wykonywanych przeszczepów (Rudge, 2018).

SYSTEM „OPT OUT” W POLSCE

Zgodnie z art. 5 ust. 1 ustawy o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów (Ustawa z dnia 1 lipca 2005 r., 2023) (dalej: Ustawa transplantacyjna) w Polsce każdy ma prawo do wyrażenia sprzeciwu dotyczącego pobrania jego komórek, tkanek i narządów. Sprzeciw ten nie wiąże się z żadnymi negatywnymi reperkusjami wobec osoby, która taką wolę wyraziła. Niektóre kraje zdecydowały się na uregulowanie kwestii sprzeciwów w taki sposób, iż gdy ktoś się na taki krok zdecyduje i oświadczy, że nie wyraża zgody na oddanie komórek, tkanek i narządów po swojej śmierci, w razie swojej choroby, która wiązałaby się z oczekiwaniem na donację, zostanie on zakwalifikowany na koniec listy oczekujących¹. Ustawodawcy, uzasadniając wprowadzenie tego typu regulacji, odwołują się do zasady etycznej wzajemności oraz do postulatu równowagi moralnej w dostępie do świadczeń medycznych. Zgodnie z tym podejściem, osoby, które nie wyraziły zgody na pośmiertne oddanie narządów, nie powinny w przyszłości korzystać z możliwości ich otrzymania. Tego rodzaju rozwiązanie ma charakter normatywnej konsekwencji – zakłada bowiem, że uczestnictwo w systemie transplantacyjnym powinno opierać się na wzajemności i solidarności, a nie wyłącznie na jednostronnym korzystaniu z jego dobrodziejstw. W Polsce nie zdecydowano się na wprowadzenie rozwiązań prawnych, które ograniczałyby dostęp do przeszczepów osobom uprzednio deklaruującym sprzeciw wobec dawstwa narządów. Wyrażenie własnej decyzji, a nawet jej publiczne artykułowanie czy propagowanie, powinno być traktowane z należnym szacunkiem jako przejaw autonomii jednostki oraz wolności wyrażania przekonań. Taki krok np. poczyniła aktorka Ewa Błaszczyk, która przyznała się publicznie, iż nie zgadza się z obowiązującą definicją „śmierci mózgowej”, ponieważ jest ona sprzeczna z jej światopoglądem, wobec tego zgłosiła ona swój sprzeciw, aby nie pobierano jej narządów po śmierci (Polityka, 2021).

¹ Lista kolejkowa w tym przypadku została zastosowana w znaczeniu potocznym.

SPRZECIW NA POBRANIE KOMÓREK, TKANEK I NARZĄDÓW NA GRUNCIE POLSKIEGO USTAWODAWSTWA

Forma sprzeciwu na pobranie komórek, tkanek i narządów została uregulowana w art. 6 ust. 1 ustawy o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów (Lexlege, 2021). Stanowi on, że sprzeciwu można dokonać w formie:

- wpisu do centralnego rejestru sprzeciwów na pobranie komórek, tkanek i narządów ze zwłok ludzkich (Poltransplant, 2024);
- w formie oświadczenia pisemnego zaopatrzonego we własnoręczny podpis oraz oświadczenia ustnego złożonego w obecności co najmniej dwóch świadków i pisemnie przez nich poświadzonego (Kubik, 2017).

Centralny Rejestr Sprzeciwów został uregulowany w art. 7 obowiązującej ustawy transplantacyjnej. Został on powołany w celu usystematyzowania zgłaszanych sprzeciwów. Utworzony system informatyczny zawiera w sobie dane osobowe zgłaszających sprzeciw i jest w nim także prowadzone archiwum (Poltransplant, 2021). Procedura dotycząca zgłoszenia sprzeciwu dotyczącego pobrania narządów post mortem została uregulowana również w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 1 grudnia w sprawie sposobu prowadzenia Centralnego Rejestru Sprzeciwów oraz ustalania istnienia wpisu w tym rejestrze (Haberko & Uhrynowska-Tyszkiewicz, 2021). Zgodnie z art. 7 ust. 3 ustawy rejestr sprzeciwów posiada takie dane, jak: imię, nazwisko, datę i miejsce urodzenia, numer PESEL, adres i miejsce zamieszkania, datę oraz miejscowość, w której sprzeciw został sporządzony lub odwołany. Sprzeciw może być zgłoszony przez osobę fizyczną, która ukończyła 16 lat. Ustawodawca poczynił tutaj pewien wyjątek, ponieważ osoby małoletnie, które ukończyły 16 lat mogą zgłosić swój sprzeciw samodzielnie, w tym przypadku nie jest wymagana zgoda łączna lub kumulatywna (Klimas, 2017). Jednak, gdy sprzeciw został zgłoszony wcześniej, małoletni ma prawo go podtrzymać lub wycofać (Karkowska & Włodarczyk, 2013). Sprzeciwu w przypadku małoletnich, którzy nie ukończyli 16 roku życia dokonuje przedstawiciel ustawowy na podstawie art. 5 ust. 2. ustawy. W wyjątkowych sytuacjach, gdy osoby sprawujące pieczę nad małoletnim nie mogą dojść do porozumienia, o wyrażeniu sprzeciwu decyduje sąd opiekuńczy (Zoń, 2021).

Rysunek 1. Wzór sprzeciwu.

ZGŁOSZENIE NALEŻY WYPEŁNIĆ DUŻYMI LITERAMI CZARNYM LUB NIEBIESKIM KOLOREM. W PRZYPADKU NIEPRAWIDŁOWEGO WYPEŁNIENIA ZGŁOSZENIE ZOSTANIE ODESŁANE DO NADAWCY BEZ REJESTRACJI W CENTRALNYM REJESTRZE SPRZECIWÓW. Adresat: POLTRANSPLANT, Al. Jerozolimskie 87, 02-001 Warszawa Ważne: Pamiętaj o podpisaniu Zgłoszenia!!!
--

ZGŁOSZENIE

Wnoszę o wpis w Centralnym Rejestrze Sprzeciwów, iż wyrażam sprzeciw na pobranie po śmierci komórek, tkanek i narządów.*

Wnoszę o skreślenie wpisu sprzeciwu w Centralnym Rejestrze Sprzeciwów na pobranie po śmierci, tkanek i narządów.*

A. DANE OSOBY, KTÓREJ ZGŁOSZENIE DOTYCZY**

1. Numer ewidencyjny PESEL									
2. Nazwisko					3. Pierwsze imię				
4. Drugie imię					5. Data i miejsce urodzenia				

B. ADRES ZAMIESZKANIA OSOBY, KTÓREJ ZGŁOSZENIE DOTYCZY

6. Kod pocztowy	7. Miejscowość	10. Nr domu
8. Poczta	9. Ulica	11. Nr lokalu

C. ADRES DO KORESPONDENCJI**

(wypełnić, gdy jest inny niż adres zamieszkania)

12. Kod pocztowy	13. Miejscowość	16. Nr domu
14. Poczta	15. Ulica	17. Nr lokalu

Źródło: Poltransplant.pl

Zgłoszony sprzeciw, gdy pozbawiony był wad oświadczeń woli zostaje zarejestrowany w CRS. Informuję się niezwłocznie o tym fakcie sprzeciwiającego lub jego przedstawiciela ustawowego zgodnie z art. 7 ust. 2 ustawy. Jeżeli natomiast sprzeciw był obarczony wadami oświadczenia woli, należy poinformować o tym sprzeciwiającego, aby uzupełnił on braki formalne. Analogiczne wymogi stosuje się przy procedurze odwołania sprzeciwu

Zgodnie z art. 10 pkt 1 ustawy transplantacyjnej, na lekarzu spoczywa obowiązek weryfikacji, czy wobec potencjalnego dawcy nie został zgłoszony sprzeciw – zarówno w formie wpisu do rejestru (art. 6 ust. 1 pkt 1), jak i w formie pisemnej lub ustnej za życia dawcy (art. 6 ust. 1 pkt 2 i 3). Najwięcej kontrowersji budzi forma ustna, ze względu na trudności dowodowe oraz potencjalną podatność na nadużycia interpretacyjne. Niektórzy przedstawiciele doktryny twierdzą, że w taki sposób wyrażona wola zmarłego może zostać „wypaczona” i nieuszanowana (Kubik, 2017). Przepisy nie precyzują, w jakim momencie świadkowie

powinni sporządzić pisemne oświadczenie potwierdzające ustny sprzeciw zmarłego. Nie jest jasne, czy dokumentacja ta powinna zostać sporządzona już w chwili wyrażenia sprzeciwu, czy dopiero po śmierci dawcy. Rodzi to wątpliwości interpretacyjne i ryzyko nadużyć (Kubik, 2017).

W przypadku braku formalnego sprzeciwu oraz dokumentów pozwalających na ustalenie sprzeciwu zmarłego na przekazanie jego komórek, tkanek i narządów, lekarz jest zobowiązany do przeprowadzenia rozmowy z najbliższą rodziną w celu ustalenia faktycznej woli zmarłego. Wielokrotnie rozmowy te mają przebieg dramatyczny, ponieważ bliscy odbierają to jako „uśmiercanie” najbliższej im osoby, dlatego też środowisko medyczne od wielu lat postuluje, aby w tym celu w szpitalach były zatrudnione osoby z wykształceniem psychologicznym. Odciażyłoby to lekarzy, a tym samym zapewniło odpowiednią opiekę nad rodziną zmarłego. Specjaliści w toku tej konwersacji dopytują, jaki był stosunek zmarłego do kwestii donacji czy kiedykolwiek wyraził on swoje zdanie na ten temat. W sytuacji, gdy osoba wyraziła lub zgłosiła sprzeciw, a lekarz potwierdzi istnienie takiej informacji, jest on zobowiązany do powstrzymania się od przeprowadzenia czynności transplantacyjnych.

Brak sprzeciwu nie oznacza jednak, że komórki, tkanki i narządy zostaną na pewno wykorzystane w toku procedury leczniczej. Na ostateczną decyzję przełożenie będą miały przeprowadzone badania, które zweryfikują, czy dany narząd jest zdrowy i może być przeszczepiany. W myśl obowiązujących przepisów prawa lekarz nie ma obowiązku pozyskiwać zgody od najbliższych. Pomimo braku prawnego obowiązku lekarze respektują wolę rodzin. Poszanowanie decyzyjności najbliższych wynika z pragmatycznego podejścia lekarzy do transplantacji. Przeprowadzenie donacji wbrew woli rodziny przełożyłoby się rosnącą niechęć do oddawania komórek, tkanek i narządów po śmierci.

Polskie ustawodawstwo nie może zostać jednoznacznie zakwalifikowane ani do systemu „miękkiego”, ani „twardego”. Formalnie, na podstawie obowiązujących przepisów, powinno być przypisane do systemu „twardego”. Jednakże w praktyce lekarze, mimo braku prawnej wiążącej roli rodziny, postępują zgodnie z jej wolą, co pozostaje w sprzeczności z obowiązującym prawem.

Polskie środowisko transplantacyjne w kwestii podejścia do „miękkiego” i „twardego” systemu jest podzielone. Profesor Wojciech Rowiński uważał, że gdy transplantolog nie pobiera np. serca ze zwłok, ponieważ wziął on pod uwagę sprzeciw najbliższej rodziny zmarłego, a jest świadomy, iż na ten konkretny narząd oczekuje biorca w ciężkim stanie, powinien on liczyć się z odpowiedzialnością karną z art. 160 kk (Jurek & Drozd, 2017).

Jest to pogląd bardzo daleko idący, nie mający odzwierciedlenia w praktyce. Nie tylko sprzeciw zmarłego może nie dopuścić do pobrania narządów. W przypadku, gdy doszło do uzasadnionego podejrzenia, że zgon potencjalnego dawcy nastąpił w wyniku popełnienia przestępstwa, to pobranie komórek, tkanek i narządów jest możliwe w momencie uzyskania od właściwego prokuratora informacji, że nie wyraża on sprzeciwu na pozyskanie materiału biologicznego w celu dalszej donacji (Karkowska & Włodarczyk, 2013).

Przepis ten ma na celu ochronę postępowania dowodowego, przed ewentualnym naruszeniem lub zniszczeniem materiału biologicznego, który mógłby stanowić dowód w śledztwie (Haberko & Uhrynowska-Tyszkiewicz, 2021). Wiedza prokuratorów w tym zakresie jest bardzo szczątkowa, co często wskazuje się jako argument za koniecznością wprowadzenia specjalistycznych szkoleń. Jeżeli zmarły nie wyraził za życia sprzeciwu wobec pobrania swoich komórek, tkanek i narządów, a jego narządy spełniają kryteria kwalifikujące do donacji, możliwe jest dokonanie pobrania materiału biologicznego do celów transplantacyjnych.

Zgodnie z art. 19 ust.1 ustawy dane osobowe potencjalnego dawcy, dawcy, potencjalnego biorcy oraz biorcy są objęte tajemnicą i podlegają ochronie zgodnie z przepisami o tajemnicy zawodowej i służbowej. Przepis ten wynika z praktycznych doświadczeń zespołów transplantacyjnych. Na wczesnym etapie rozwoju programów transplantacyjnych, szczególnie w Stanach Zjednoczonych, odnotowano sytuacje, w których bliscy dawcy podejmowali próby kontaktu z biorcami, kierując się potrzebą emocjonalnego zbliżenia. Choć takie reakcje są zrozumiałe, regulacja ta, ma na celu przede wszystkim ochronę prywatności biorców jak i zarówno dawców.

PODSUMOWANIE

Regulacje prawne dotyczące transplantologii w Polsce opierają się na zasadzie zgody domniemanej, która umożliwia pobranie komórek, tkanek i narządów od osoby zmarłej, pod warunkiem, że za życia nie wyraziła ona sprzeciwu wobec takiego postępowania. Formalnie polski system transplantacyjny kwalifikuje się do tzw. modelu „twardego”, jednak w praktyce lekarze często respektują wolę rodziny, co zbliża go do modelu „miękkiego”. W świetle dynamicznego rozwoju transplantologii konieczne jest wypracowanie równowagi pomiędzy poszanowaniem autonomii jednostki, ochroną interesu społecznego oraz zapewnieniem efektywności systemu transplantacyjnego.

LITERATURA

- Haberko, J., & Uhrynowska-Tyszkiewicz, I. Ustawa o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów. Komentarz. Lex. <https://sip-1lex-1pl-100078adu1c0e.han3.uci.umk.pl/#/commentary/587370324/167764/haberko-joanna-uhrynowska-tysz-kiewicz-izabela-ustawa-o-pobieraniu-przechowywaniu-i>
- Jurek, T., & Drozd, R. Etyczne, prawne i społeczne problemy transplantacji narządów. Zakład Prawa Medycznego Katedry Medycyny Sądowej Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu. http://forensic.umw.edu.pl/files/archiwum/_Transplantacja_2017.pdf
- Karkowska, D., & Włodarczyk, W. (2013). Prawo medyczne dla pielęgniarek. Lex. <https://sip-1lex-1pl-100078adu15c6.han3.uci.umk.pl/#/monograph/369263972/341264/karkowska-dorota-wlodarczyk-wlodzimierz-czary-prawo-medyczne-dla-pielgniarek>
- Klimas, K. (2017). Zdolność do wyrażenia zgody na zabieg przez pacjenta a zdolność do czynności prawnych. *Studenckie Prace Prawnicze, Administratywistyczne i Ekonomiczne*, 22, 129.
- Kubiak, R. (2017). *Prawo medyczne*. Wydawnictwo C.H. Beck.
- Lexlege. Art. 6 – Transplantacje. <https://lexlege.pl/transplantacje/art-6/> (dostęp: 11.11.2021).
- Polityka. (2013, lipiec 2). Kiedy można pobrać organy do przeszczepu. <https://www.polityka.pl/tygodnikpolityka/nauka/1559063,1,kiedy-mozna-pobrac-organy-do-przeszczepu.read> (dostęp: 11.11.2021).
- Poltransplant. Centralny Rejestr Sprzeciwów. <https://www.poltransplant.org.pl/crs1.html> (dostęp: 22.11.2021).
- Poltransplant. Wzór sprzeciwu. http://www.poltransplant.pl/Download/Sprzeciw_CRS.pdf (dostęp: 11.11.2024).
- Rudge, C. J. (2018). Organ donation: Opting in or opting out? *British Journal of General Practice*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5774938>
- Scholz, N. (2020). Organ donation and transplantation: Facts, figures and European Union action. European Parliament. <https://www.europarl>.

europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/649363/EPRS_BRI(2020)649363_EN.pdf

Tennankore, K., Klarenbach, S., & Goldberg, A. (2021). Perspectives on opt-out versus opt-in legislation for deceased organ donation: An opinion piece. *SAGE Open Medicine*. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/20543581211022151>

Ustawa z dnia 1 lipca 2005 r. o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów, Dz.U. z 2023 r. poz. 1185.

Zoń, K. M. Sprzeciw na pobranie komórek, tkanek lub narządów post mortem w przypadku osób małoletnich. https://repozytorium.uni.wroc.pl/Content/77914/PDF/56_K_Zon_Sprzeciw_na_pobranie_komorek_tkanek_lub_narzadow_post_mortem_w_przypadku_osob_maloletnich.pdf

PRESUMED CONSENT IN POLISH TRANSPLANT LAW – BETWEEN A HARD AND SOFT SYSTEM

Abstract: The article analyzes legal regulations concerning transplantation in Poland, with particular emphasis on the principle of presumed consent (the "opting out" system). It discusses the differences between "soft" and "hard" systems and the practical consequences of implementing these models in various countries. Attention is given to the procedures for registering objections to organ retrieval and to the role of the deceased's family, despite the lack of a formal legal obligation to consider their opinion.

Keywords: presumed consent, transplantology, law, objection

OCHRONA PRAWNA ZWŁOK LUDZKICH I KWESTIE ETYCZNE DOTYCZĄCE PRZESZCZEPÓW EX MORTUO

Streszczenie: W niniejszym opracowaniu omówiono zagadnienie statusu prawnego i ochrony zwłok ludzkich w świetle prawa polskiego oraz regulacji unijnych. Szczególną uwagę poświęcono ochronie zwłok na gruncie konstytucyjnym, karnym i cywilnym z uwzględnieniem godności jako podstawy ich ochrony prawnej. Przedstawiono również wpływ rozwoju transplantologii na zmianę podejścia społecznego i prawnego wobec ciała zmarłego, podkreślając potrzebę zachowania należytego wyglądu zwłok po pobraniu narządów, co regulowane jest zarówno w prawie krajowym, jak i dyrektywach UE. Rozważania etyczne, filozoficzne i religijne ukazano w kontekście definicji śmierci mózgowej, granic dopuszczalności przeszczepów oraz potrzeby ochrony autonomii pacjentów i poszanowania godności zmarłych. Artykuł akcentuje konieczność ścisłego przestrzegania procedur medycznych i prawnych w celu utrzymania zaufania społecznego oraz podkreśla rolę etyki w rozwiązywaniu dylematów wynikających z dynamicznego rozwoju transplantologii.

Słowa kluczowe: zwłoki ludzkie, transplantologia, prawo.

WPROWADZENIE

Zwłoki według Słownika języka polskiego to ciało osoby zmarłej (Szymczak, 1998). W świetle prawa polskiego zwłoki ludzkie definiuje się jako „(...) ciała osób zmarłych i dzieci martwo urodzonych, bez względu na czas trwania ciąży” (Rozporządzenie Ministra Zdrowia, 2001/2021). Należałoby sobie zadać pytanie, od którego momentu możemy mówić w świetle obowiązującej litery prawa o zwłokach. Odpowiedź na to pytanie wydaje się prosta. O zwłokach możemy

mówić w momencie, gdy nastąpi zgon. Śmierć osoby fizycznej jest zdarzeniem prawnym, która powoduje wiele następstw (Borysiak, 2009). Zmarły nie jest otoczony taką samą ochroną prawną jak osoba fizyczna. Wynika to między innymi z utraty swojej podmiotowości, czyli bezpośrednio z faktu utraty zdolności prawnej, a także zdolności do czynności prawnych. Obowiązujące przepisy regulują kwestię stwierdzenia zgonu (Ustawa o zawodach lekarza i lekarza dentysty, 1996/2024) na podstawie karty zgonu wydanej przez lekarza, felczera lub położnej (Lex, 2025) (po spełnieniu przesłanych zawartych w art. 3 w punkcie 2 i 3 rozporządzenia (Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej, 1961) Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 3 sierpnia 1961 r. w sprawie stwierdzenia zgonu i jego przyczyny).

Na podstawie karty zgonu wydawany jest akt zgonu będący jednocześnie potwierdzeniem istniejącego stanu rzeczy. Występują jednak sytuację, w których problematyczne staje się stwierdzenie zgonu. Takie sytuacje regulowane są w kodeksie cywilnym (Kodeks cywilny, 1964/2024) w art. 29 do art. 32 oraz w kodeksie postępowania cywilnego (Kodeks postępowania cywilnego, 1964/2024) od art. 526 § 1 do art. 543. Żaden obowiązujący przepis prawa polskiego nie określa czym zwłoki są (Gardocka, 2021a). W doktrynie zwłoki są często określane jako rzecz, jednak posiadająca szczególny, odrębny charakter (Gardocka, 2011). Nie uregulowano również kwestii własności zwłok ludzkich (Gardocka, 2011).

OCHRONA PRAWNA ZWŁOK LUDZKICH W ŚWIELE PRAWA POLSKIEGO

Polskie prawo chroni zwłoki ludzkie na gruncie przepisów prawa konstytucyjnego, prawa karnego i prawa cywilnego i wielu innych. Swoje rozważania należałoby rozpocząć od art. 38 Konstytucji RP (Konstytucja RP, 1997; ArsLege, 2021), która wprost stanowi, że każdemu człowiekowi zapewnia prawną ochronę życia. Ochrona ta wynika z podstawowego faktu bycia człowiekiem. Niektórzy konstytucjonaliści stoją na stanowisku, iż tej ochronie podlega człowiek od momentu narodzin aż do śmierci (Kania, 2021). Większość przedstawicieli doktryny twierdzi jednak, że ochrona ta ma miejsce również w okresie prenatalnym (Tuleja, 2021). Pogląd ten wydaje się zasadny z punktu widzenia orzecznictwa (Trybunał Konstytucyjny, 1997; Sąd Najwyższy, 2014). Nie oznacza to jednak, iż zwłoki ludzkie po śmierci nie podlegają żadnej ochronie prawnej. Art. 30 Konstytucji RP (ArsLege, 2025a) stanowi wprost, że przyrodzona i niezbywalna godność człowieka stanowi źródło wolności. Wobec tego zwłoki ludzkie podlegają ochronie

prawnej ze względu na to, iż pozostają nośnikami ludzkiej godności (Barcik & Pilarz, 2016). Ochrona prawna zwłok ludzkich nie wynika bezpośrednio z żadnego artykułu obowiązującej Konstytucji RP, jednak należałoby uznać, że ich ochrona wpisuje się w wartości, jakie reprezentują wskazane zasady konstytucyjne. Obowiązujący kodeks karny z 1997 r. w rozdziale XXXII nazwanym (Kodeks karny, 1997/2025) jako „*Przestępstwa przeciwko porządkowi publicznemu*” (Stefański, 2004) w art. 262 § 1 sankcjonuje zachowania, które wypełniają znamiona czynów zabronionych, takich jak: beczczenie miejsca spoczynku lub zwłok czy szczątków ludzkich. Maksymalny wymiar kary, jaki może zostać wymierzony to 2 lata pozbawienia wolności.

Zwłoki ludzkie od setek tysięcy lat otoczone są szacunkiem i kultem. Oddanie im hołdu i czci stanowi granicę, jaką wyznaczyła paleontologia, aby rozróżnić człokokształtnych (Dirks, 2017) od przedstawicieli „człowieczeństwa”. Wypracowane normy moralne i przepisy prawa zostały poddane silnej próbie wraz z momentem rozwoju transplantacji. Zastanawiano się, czy pobieranie tkanek i narządów od osoby zmarłej nie wypełnia znamion przestępstwa beczczenia zwłok. Oczywiście z dzisiejszej perspektywy takie dylematy mogą wydawać się pozbawione sensu, jednak warto pamiętać, że wszystko, co wiązało się ze zwłokami, niosło dla ludzkości ogromny ładunek emocjonalny. Upamiętnieniem tych rozterek jest np. obraz Rembrandta przedstawiający słynną „*Lekcję anatomii doktora Tulpa*” (Masquelet, 2025). Jeżeli naruszone zostaną przepisy ustawy o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów (Ustawa z dnia 1 lipca 2005 r., 2023) (np. brak zgody lub sprzeciw osoby zmarłej, brak odpowiednich procedur medycznych lub administracyjnych), to można uznać takie działanie za bezprawne naruszenie integralności zwłok, co kwalifikuje się jako przestępstwo z art. 262 § 2 k.k. Pobranie samo w sobie znamion tych nie wypełnia.

Ciało ludzkie po śmierci stało się przedmiotem sporu w polskiej doktrynie prawa cywilnego. Część cywilistów twierdzi, „*że zwłoki stają się zdepersonalizowaną pozostałością po osobie fizycznej o szczególnym statusie*” (Prawo.pl, 2025a). Zupełnie odmienny pogląd głosił profesor Stefan Grzybowski, który twierdził, iż, zwłoki ludzkie należy zaliczyć do rzeczy w myśl art. 45 kodeksu cywilnego (Prawo.pl, 2025b). Przepisy prawa cywilnego chronią dobra osobiste osób najbliższych względem zmarłego, a także nakładają obowiązek na lekarza do nadania zwłokom ludzkim po pobraniu z nich narządów należytego wyglądu (Prawo.pl, 2025c). Obowiązek ten został zawarty w art. 11 ustawy o pobieraniu, przechowywaniu i przeszczepianiu komórek, tkanek lub narządów (Lexlege, 2021a).

Polski ustawodawca wprost stanowi o tym, że zwłoki należy traktować z szacunkiem, a po pobraniu z nich narządów przywrócić ciału należyty wygląd (Lexlege, 2021b). Wyznaczenie granicy w tym przypadku może wydawać się problematyczne. Pobranie narządów, takich jak np. rogówka czy kości może trwale oszpecić zmarłego. Chirurg przeprowadzający operację bądź inny lekarz powinien w toku podjętych czynności usunąć narząd i w miarę możliwości przywrócić ciało do takiego stanu, który umożliwia najbliższemu godny pochówek osoby zmarłej (Chełmowska, 2025a). Profesor Joanna Haberkowicz w komentarzu do ustawy transplantacyjnej podkreśla, że czynności, do których zobowiązany jest lekarz po pobraniu narządów, nie powinny przybierać formy skomplikowanego zabiegu kosmetycznego (Chełmowska, 2025b).

Zgodnie z art. 5 ustawy transplantacyjnej pobrania komórek, tkanek lub narządów ze zwłok ludzkich w celu ich przeszczepienia lub pobrania komórek lub tkanek w celu ich zastosowania u ludzi można dokonać, jeżeli osoba zmarła nie wyraziła za życia sprzeciwu. Tą kwestię reguluje również art. 33 (Kodeks Etyki Lekarskiej, 2025) Kodeksu etyki Lekarskiej. Regulacje te można określić podwaliną transplantacji ex mortuo. Za kluczowe uznaje się przeprowadzenie procedury stwierdzania śmierci w sposób rzetelny i profesjonalny. Przytoczone przepisy, poza oczywistym charakterem normatywnym, niosą ze sobą również istotny wymiar społeczny, jakim jest zaufanie. Odpowiedzialność karna osoby, która podjęłaby czynności transplantacyjne z naruszeniem obowiązujących procedur, jest bezsporna, jednak utrata zaufania społecznego może mieć jeszcze bardziej dotkliwe skutki dla medycyny transplantacyjnej. Jakikolwiek naruszenia procedur przez zespoły medyczne lub podejrzenia popełnienia przestępstwa znacząco wpływają na roczne statystyki przeprowadzanych donacji w kraju. Jedną z takich sytuacji miała miejsce w 2007 r., gdy Prokuratura postawiła zarzut zabójstwa z art. 148 Kodeksu Karnego w zamiarze ewentualnym jednemu z transplantologów (Ministerstwo Sprawiedliwości, 2007). Zatrzymanie w świetle jupiterów oraz transmitowanie siłowego doprowadzenia lekarza przez organy ścigania do prokuratury, a także konferencja prasowa ówczesnego Ministra Sprawiedliwości przyczyniła się do spadku wykonanych transplantacji w 2007 r. w stosunku do roku poprzedniego o 145 razy. Warto przytoczyć słowa dr Dariusza Węgrzyńskiego, który jest ekspertem w dziedzinie transplantologii, a zaistniałą sytuację skomentował tak: *„Związek czasowy jest ewidentny. Jak można myśleć, że radykalny pik w dół to przypadek? To była wielka szkoda wyrządzona polskiej transplantologii”* (Dawca.pl, 2021). Specjalista został uniewinniony (Rzeczpospolita, 2021), ale budowane od lat zaufanie społeczne zostało naruszone. Dlatego tak ważnym

jest przeprowadzenie całej procedury transplantacyjnej w sposób niebudzący zastrzeżeń z poszanowaniem i godnością. Każdy element tego procesu od stwierdzenia śmierci, przez pobranie narządów, aż po ich przeszczepienie musi być realizowany zgodnie z najwyższymi standardami etycznymi i prawnymi. Przejrzystość procedur oraz odpowiednia komunikacja z rodziną zmarłego również odgrywają kluczową rolę w budowaniu zaufania społecznego. Bez tego zaufania żadna, nawet najlepiej rozwinięta infrastruktura transplantacyjna, nie będzie w stanie funkcjonować efektywnie. Społeczne poparcie dla idei dawstwa po śmierci i edukacja to fundament, na którym opiera się przyszłość transplantologii.

KWESTIA NALEŻYTEGO WYGLĄDU W ŚWIELE PRZEPISÓW UNIJNYCH

Kwestia nadania zwłokom ludzkim należytego wyglądu po pobraniu z nich tkanek i narządów wynika z zasad zawartych w Europejskiej Konwencji Praw Człowieka oraz międzynarodowych standardach bioetycznych. Dyrektywa 2004/23/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 31 marca 2004 r. w sprawie ustalenia norm jakości i bezpiecznego oddawania, pobierania, testowania, przetwarzania, konserwowania, przechowywania i dystrybucji tkanek i komórek ludzkich (EUR-Lex, 2021) w punkcie 16. reguluje kwestię poszanowania godności dawcy zmarłego oraz nadanie zwłokom należytego wyglądu po pobraniu z nich narządów do transplantacji. Przepis doprecyzowuje, co niesie za sobą pojęcie nieostre, jakim jest „należyty wygląd” zmarłego. Uznano, że ciało dawcy należy zrekonstruować w taki sposób, aby pozwoliło na uzyskanie efektu najbardziej zbliżonego do pierwotnego kształtu anatomicznego ciała przed pobraniem z niego narządów (EUR-Lex, 2021). Dyrektywa reguluje również kwestię dotyczące zgody dawcy zmarłego na przeszczep, zgoda ta ma zostać uzyskana zgodnie z ustawodawstwem obowiązującym w danym państwie członkowskim (EUR-Lex, 2021). Problematykę należytego wyglądu zwłok reguluje również dyrektywa komisji 2006/17/WE z dnia 8 lutego 2006 r. (EUR-Lex, 2021). W art. 2 zaatutowanym jako „Wymogi dotyczące pobierania tkanek i komórek ludzkich” (EUR-Lex, 2021) w punkcie 9. nakłada ona obowiązek zapewnienia personelu i sprzętu, który pozwoli przywrócić zwłokom należyty wygląd. Wskazuje się również, że zaangażowanie zasobów ludzkich i sprzętowych ma być „niezbędne” (EUR-Lex, 2021), aby cel ten osiągnąć. Dyrektywa w tym zakresie wyraźnie akcentuje również aspekt temporalny podejmowanych czynności, związanych z procesem pobierania narządów od dawców zmarłych. W szczególności podkreśla się,

że wszelkie działania medyczne i organizacyjne powinny zostać zakończone przed przekazaniem ciała rodzinie zmarłego. Celem tego unormowania jest umożliwienie bliskim godnego i spokojnego pożegnania z osobą zmarłą, bez konieczności konfrontowania się z następstwami medycznych procedur, które mogłyby zakłócić intymny i emocjonalnie trudny moment ostatniego kontaktu z bliskim. Omówione dyrektywy nie stanowią jedynego źródła regulacji prawnych w zakresie dawstwa ex mortuo, jednak mają istotne znaczenie systemowe. Co istotne, łączy je wspólna właściwość – zawierają one w swej treści wiele pojęć nieostrych, takich jak „należyta staranność”, „odpowiednie warunki” czy „właściwy czas”. Takie sformułowania nie są przypadkowe, ich zastosowanie umożliwia państwom członkowskim elastyczne wdrożenie przepisów w zgodzie z krajowymi porządkami prawnymi oraz z uwzględnieniem lokalnych uwarunkowań społeczno-kulturowych i organizacyjnych. Unia Europejska, dążąc do harmonizacji przepisów w tym newralgicznym obszarze, unika nadmiernego formalizmu, pozostawiając państwom pewien zakres swobody legislacyjnej i interpretacyjnej.

Niewątpliwie prawodawstwo unijne przykładą dużą wagę do kwestii związanych z transplantacją ex mortuo, co wynika zarówno z potrzeby ochrony prawnej uczestników tego procesu, jak i z chęci zagwarantowania wysokich standardów medycznych oraz etycznych w całej wspólnocie. Działania te mają charakter zarówno normatywny, jak i aksjologiczny ich celem jest nie tylko uregulowanie zasad postępowania, ale również promowanie wartości takich jak solidarność, godność osoby ludzkiej czy szacunek dla decyzji o oddaniu narządów po śmierci. W społecznym i moralnym wymiarze akt donacji post mortem jest często postrzegany jako najwyższy przejaw altruizmu, a ustanowienie adekwatnych mechanizmów ochronnych stanowi formę symbolicznego uhonorowania tego aktu. Tym samym regulacje unijne nie tylko kształtują ramy prawne, ale również wzmacniają pozytywny przekaz społeczny wokół idei transplantacji, budując zaufanie i promując kulturę dawstwa.

ETYCZNY, FILOZOFICZNY I RELIGIJNY WYMIAR TRANSPLANTACJI

Transplantologia z racji na swój intensywny rozwój w XX wieku, a potrzebę szybkiej reakcji ze strony prawodawstwa budziła liczne kontrowersje. Pojawiły się głosy, że definicja „śmierci mózgowej” została opracowana bez należytej staranności, a wypracowana procedura nie powinna być określana „procedurą śmierci mózgowej”. Komisji Harvardzkiej zarzucano pośpiech spowodowany udaną transplantacją serca od dawcy post mortem, nieadekwatny do stanu

obowiązującej wiedzy medycznej z takich dziedzin, jak: neurologia, neurochirurgia, anestezjologia i tanatologia. O krok dalej w swoich rozważaniach posunął się profesor Bogusław Wolniewicz, który uważał, że transplantacja jest współczesną formą kanibalizmu, z pewną różnicą. Precyzował on, że cel w transplantacji jest tożsamy z celem kanibalizmu, a stanowi on wykorzystanie zwłok jako surowca. Przyczyna również była w istocie taka sama, ponieważ miała „*wspomóc gasnące siły życiowe konsumpcji zwłok*” (Fronda.pl, 2021). Dyferencja w tym przypadku polega tylko i wyłącznie na formie przyjęcia truchła. W transplantacji występuje ona w formie domięśniowej, a w przypadku kanibalizmu w formie ustnej (Pieciewicz, 2018). Filozof tak silnie utożsamiał się z głoszonym przez siebie poglądem, iż w trakcie wywiadu powiedział, że „ (...) *nie oddałby nerki nawet własnej córce*” (Fronda.pl, 2021). Rozważania profesora, choć mogą sprawiać wrażenie intelektualnie inspirujących, w istocie nie przyczyniają się do rozwiązywania rzeczywistych problemów etycznych związanych z transplantacją. Tego rodzaju abstrakcyjne ujęcia nie wspierają praktyki transplantacyjnej, a mogą wręcz prowadzić do rozmycia istoty faktycznych wyzwań, z jakimi mierzy się ta dziedzina medycyny. Transplantologia wymaga podejścia opartego na realnych doświadczeniach, precyzyjnych procedurach oraz odpowiedzialności etycznej, a nie na teoretycznych konstrukcjach, które pozostają bez przełożenia na praktykę. Dylematy etyczne związane z transplantacją mają swoje źródło w złożoności samej procedury oraz w naturze poruszanych przez nią kwestii, takich jak śmierć, cierpienie, relatywizacja wartości czy konieczność dokonywania trudnych wyborów moralnych. Na przestrzeni wieków etyka opracowała podstawowe zasady, którymi należałoby się kierować w toku procedury transplantacyjnej. Wyszczególniono takie normy etyczne, jak: zasadę nieszkodzenia, zasadę dobroczynienia, zasadę szacunku dla autonomii i zasadę sprawiedliwości (Nowacka, 2021). Zasada sprawiedliwości w medycynie odnosi się w pewnym wymiarze do egalitaryzmu. Pogląd ten głosi, że wszyscy powinni mieć równy dostęp do służby zdrowia oraz być w jednakowy sposób przez nią traktowani. Założenie dotyczące nieszkodzenia odnosi się bezpośrednio do lekarza specjalisty, który, wykonując swoje obowiązki, musi rozważyć, czy wykonane przez niego czynności w sposób realny przełożą się na poprawę stanu chorego. Primus non nocere zalicza się do zasad naczelných współczesnej medycyny. Za jej twórcę uważa się Hipokratesa. Postulat szacunku dla autonomii zakłada, że nikt nie może być zmuszany do terapii wbrew swojej woli. Biorca, wyrażając zgodę na przeszczep, powinien podjąć decyzję będącą prawdziwym odzwierciedleniem jego własnej woli, wolnej od nacisków czy wpływów osób trzecich.

Zasada dobroczynienia stanowi, iż postępowanie lekarza i podejmowane przez niego decyzje w toku leczenia pacjenta powinny być czynione tylko i wyłącznie w celu poprawy jego zdrowia i życia (Nowacka, 2021). Z perspektywy transplantologii zasada szacunku dla autonomii pacjenta stanowi fundamentalną podstawę transplantacji ex mortuo, która jednocześnie jest uznawana za jedną z najbardziej wymagających procedur medycznych. Ryzyko powikłań okołooperyacyjnych, a w konsekwencji ryzyko zgonu, jest znaczące, jednak rezygnacja z leczenia chirurgicznego w postaci przeszczepu narządu wiąże się niemalże z pewną śmiercią pacjenta. Precyzyjnie określone normy etyczne oraz jasno zdefiniowane cele transplantacji umożliwiają formułowanie kluczowych pytań dotyczących zasadności zastosowania tej metody w indywidualnych przypadkach klinicznych. Pytania te dotyczą między innymi tego, czy podjęta decyzja terapeutyczna jest optymalnym rozwiązaniem, oraz czy nie kwalifikuje się ona jako terapia uporczywa, która mogłaby powodować niepotrzebne cierpienie i uniemożliwiać godne umieranie. Choć znalezienie równowagi pomiędzy tymi wartościami jest złożonym wyzwaniem, dążenie do jej utrzymania stanowi istotny element wspierający personel medyczny w podejmowaniu skomplikowanych i odpowiedzialnych decyzji klinicznych.

Wciąż pojawiają się głosy sprzeciwu wobec omawianej praktyki. Przeciwnicy wskazują, że związane z nią zagadnienia etyczne pozostają przedmiotem istotnych kontrowersji, ale na pewno w mniejszym stopniu niż w momencie utworzenia programu transplantacyjnego w Zabrzu przez profesora Zbigniewa Religę w drugiej połowie XX wieku. Najdonośniejszy głos sprzeciwu od wielu lat należy do prof. zw. dr hab. n. med. Jana Talara. Wielokrotnie podkreślał on, iż obecny stan wiedzy medycznej nie pozwala jednoznacznie orzec, iż osoba znajdująca się w stanie śmierci mózgowej nie jest tak naprawdę w stanie głębokiej nieświadomości, więc w istocie nie pobiera się narządów od osoby zmarłej, a od żywego człowieka (Talar, 2008). Propaguje on również rejestr sprzeciwów, który w jego mniemaniu jest jedyną możliwością walki z „procederem transplantacyjnym”. Jednak jego opinia jest osamotniona w polskim środowisku medycznym.

Kolejny problem etyczny stanowi farmakoterapia biorców po zabiegu transplantacyjnym. Przyjmowane leki immunosupresyjne, w związku z ryzykiem odrzucenia narządu pochodzącego z obcego ciała, w zasadzie powodują obniżenie wydolności organizmu, narażając go na wszelakiego typu infekcje, a nawet nowotwory. Wobec tego, czy transplantacja jest warta takiej ceny i przekłada się na realne szanse poprawy jakości życia po przeszczepie? Kolejka oczekujących na przeszczep stanowi również źródło wszelkich problemów moralnych, bo jak

należałoby sprawiedliwie uszeregować listę oczekujących? Według cenzusu wieku? Stanu zdrowia czy też rokowań po transplantacji? Co należałoby uznać za sprawiedliwe (Rowiński et. al., 2004)? Wyszczególnione problemy etyczne, z jakimi styka się transplantologia na całym świecie, pozwoliły wyszczególnić wątpliwe moralnie zapisy niektórych przepisów ustaw transplantacyjnych i protokołów medycznych. Ważną cegiełkę do rozwoju medycyny transplantacyjnej dołożyli etycy, którzy rozważają wspomniane wyżej nieścisłości etyczne związane z pozyskiwaniem komórek, tkanek i narządów, jak również z ich alokacją. Jednak nie tylko oni pomogli wypracować katalog podstawowych zasad moralnych, które mogłyby w pełni dopełnić wszelkie aspekty dotyczące transplantacji. Swój wkład ma również większość wyznawanych religii na świecie, przyczyniając się tym samym do szerzenia idei transplantacji jako czynu najbardziej szlachetnego. Warto byłoby przytoczyć słowa Jana Pawła II z encykliki *Vitae Vita*, który podkreśla, że „ (...) oprócz faktów powszechnie znanych, istnieje heroizm dnia codziennego, na który składają się małe lub wielkie gesty bezinteresowności, umacniające autentyczną kulturę życia. Pośród tych gestów na szczególne uznanie zasługuje oddanie organów, zgodnie z wymogami etyki, w celu ratowania zdrowia, a nawet życia chorym, pozbawionym niekiedy wszelkiej nadziei (Jan Paweł II, 1995).

Przedstawiciele kościoła katolickiego od wielu lat propagują idee transplantacji. Znajduje to swoje odzwierciedlenie w Katechizmie Kościoła Katolickiego, w rozdziale III zatytułowanym jako „Poszanowanie godności człowieka”, w kanonie 2296. Wskazuje się, że przeszczepianie narządów jest zgodne z prawem moralnym, wskazując proporcję niebezpieczeństwa, jaka powinna zostać zachowana między dawcą i biorcą w sferze fizycznej i psychicznej. Wartości te powinny być „proporcjonalne” (Kerygma.pl, 2025). Podkreśla się, że oddanie narządów po śmierci jest czynem bez wątpienia szlachetnym i godnym uznania. Takie zachowania należy propagować i do nich aspirować, ponieważ są przejawem „wielkodusznej solidarności” (Kerygma.pl, 2025). Jednak z całą stanowczością należy piętnować działania transplantacyjne rozpoczęte bez wzięcia pod uwagę sprzeciwu dawcy lub jego najbliższych w sytuacji, w której są oni do tego upoważnieni. Za czyn godny potępienia wskazuje się również działania transplantacyjne, które mogą doprowadzić do bezpośredniej utraty zdrowia i życia, nawet gdyby miały się przyczynić do przedłużenia życia innych istnień (Kerygma.pl, 2025).

Buddyści stoją na stanowisku, iż transplantacja post mortem jest zbieżna z wyznawanymi przez nich wartościami. Uważają oni, że oddanie swoich narządów po śmierci stanowi najwyższy wymiar altruizmu (Górska, 2025). Problematyczne staje się jednak pobranie materiału transplantacyjnego od buddysty po

śmierci. Wynika to z przeświadczenia, iż dusza opuszcza ciało trzy dni po zgonie, dlatego też uważa się za niewskazane pobieranie narządów od zmarłego w tym czasie, gdyż może wywołać to wszelakiego typu interferencje, a tym samym zakłócić proces przemieszczania się duszy do innego wymiaru (Górska, 2025). Prawosławie głosi, że oddanie narządu jest wyrazem największej dobroduszności. Za kwestię problematyczną wskazuje się pozyskiwanie narządów nieparzystych, takich jak: płuca czy serce (Profesor AI, 2015). Sprzeczne stanowiska są również prezentowane w kwestii zgody domniemanej. Część doktryny kościoła prawosławnego uważa, że zgoda na transplantację powinna być wyraźna za życia dawcy, a nie domniemana, w momencie, gdy nie zgłosił on swojego sprzeciwu (Profesor AI, 2015). Islam prezentuje podobny pogląd do Kościoła Katolickiego, ale wyszczególnia on zgoda inne normy moralne, którymi należałoby się kierować w związku z procedurą transplantacyjną. Różnice te wynikają bezpośrednio z rozbieżności w obowiązującym prawie na terenach, gdzie wyznawaną religią jest islam. Chodzi między innymi o zakaz pobierania tkanek i narządów od osób skazanych na śmierć (Golmakani et. al., 2005). Przeszczepianie narządów nie godzi jednak w ludzką godność muzułmanina (Golmakani et. al., 2005). Podjęcie decyzji o transplantacji powinno mieć miejsce tylko i wyłącznie wtedy, gdy wyczerpano już inne możliwości terapeutyczne, farmakologiczne i chirurgiczne, a jedyną możliwością uratowania zdrowia bądź życia biorcy pozostaje donacja narządu od zmarłego dawcy (Golmakani et. al., 2005). Transplantacja uważana jest, wobec tego za ostateczne rozwiązanie. Wyznawcy szintoizmu bezwzględnie sprzeciwiają się transplantacji narządów od zmarłych (Bonikowska, 2017). Wynika to z postrzegania ciała ludzkiego po śmierci. W tej religii wierzy się, że zwłoki ludzkie są czymś niegodnym i nieczystym, dlatego ich pobranie i wszczepienie biorcy skazywać go będzie na potępienie. Jest to jedyna religia, która przeciwstawia się transplantacji narządów i tkanek od dawców po ich śmierci. Świadkowie Jehowy bardzo długo sprzeciwiali się przeszczepianiu komórek, tkanek i narządów. Kwestię problematyczną stanowi krew znajdująca się w przeszczepianym materiale transplantacyjnym (Dawca.pl, 2021). Wyznawcy tej wiary nie zgadzają się na zabiegi transfuzji krwi. Argumentują to respektowaniem nakazów znajdujących się w Nowym i Starym Testamencie oraz zasadą posłuszeństwa wobec Boga, a także oddaniem mu w ten sposób szacunku jako „Dawcy Życia” (JW.org, 2021). Dlatego też propagują oni tzw. bezkrwawe donacje, podczas których usuwa się z narządu całą krew należącą do dawcy (JW.org, 2021). Niektórzy lekarze specjaliści tacy jak np. prof. zw. dr hab. n. med. Andrzej Bochenek pomagają osobom, których wyznanie nie pozwala na tradycyjną transplantację.

Profesor przeprowadził już około 100 takich operacji przy użyciu alternatywnych metod operacyjnych (Wysokie Obcasy Extra, 2017).

PODSUMOWANIE

Współczesne wyzwania medycyny i prawa jasno pokazują, jak ważne jest odpowiednie traktowanie zwłok ludzkich – zarówno z perspektywy etycznej, jak i prawnej. Choć przepisy w Polsce nie zawierają jednoznacznej definicji zwłok, to coraz częściej dostrzega się konieczność uregulowania tej kwestii z należytą starannością. Szczególną rolę odgrywa tu transplantologia, która opierając się na zasadzie domniemanej zgody, niesie ogromną wartość dla społeczeństwa – ratując życie i przywracając zdrowie wielu osobom. Właściwa ochrona godności zmarłego nie wyklucza możliwości oddania jego ciała na cele medyczne – przeciwnie, może stanowić wyraz głębokiego humanizmu i solidarności międzyludzkiej. Dalsze doprecyzowanie przepisów oraz rozwój edukacji społecznej mogą skutecznie pogłębiać zaufanie do systemu, zwiększać liczbę świadomych dawców i budować kulturę szacunku zarówno wobec życia, jak i śmierci. Właśnie w tym tkwi potencjał do harmonijnego łączenia nowoczesnej medycyny z fundamentalnymi wartościami moralnymi.

LITERATURA

- Barcik, J., & Pilarz, Ł. (2016). Wykorzystanie zwłok i szczątków ludzkich przez studentów do celów dydaktycznych a przestępstwo znieważenia zwłok z art. 262 § 1 k.k. *Czasopismo Prawa Karnego i Nauk Penalnych*, 2016, 89.
- Borysiak, W. (2009). *Dziedziczenie – konstrukcja prawna i ochrona*. Warszawa.
- Chęłmowska, P. (2025). Wybrane aspekty prawne i bioetyczne transplantacji post mortem (praca doktorska), 195 (dostęp: 04.04.2025).
- Dirks, P. H. G. M. (2017). The age of "Homo naledi" and associated sediments in the Rising Star Cave, South Africa. *eLife*, 6, e24231. <https://doi.org/10.7554/eLife.24231>
- Gardocka, T. (2011). Zwłoki ludzkie w kontekście pobrania komórek, tkanek i narządów w celach transplantacyjnych i nie tylko. *Medyczna Wokanda*, 3, 95.

- Gardocka, T. (2025). Czy zwłoki ludzkie są rzeczą i co z tego wynika? <https://www.repozytorium.uni.wroc.pl/Content/77834/> (dostęp: 30.04.2025).
- Kania, A. M. (2025). Z problematyki granic ochrony życia ludzkiego. <http://www.bibliotekacyfrowa.pl/Content/34578/PDF/008.pdf> (dostęp: 08.04.2025).
- Rowiński, W., Wałaszewski, J., & Safjan, D. (2004). Problemy etyczno-obyczajowe przeszczepiania narządów. Wydawnictwo Lekarskie.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2001 r. w sprawie postępowania ze zwłokami i szczątkami ludzkimi, Dz.U. z 2021 r., poz. 1910 (t.j.).
- Słownik języka polskiego PWN. (1998). W red. M. Szymczaka (T. I, s. 971). Warszawa.
- Stefański, R. A. (2004). Przestępstwo znieważenia zwłok, prochów ludzkich lub grobu (art. 262 k.k.). *Prokuratura i Prawo*, 10, 21.
- Talar, J. (2008). Współczesna medycyna a sztuka. *Studia Elbląskie*, 9, 259–266.
- Tuleja, P. (red.). (2025). Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej. Komentarz (wyd. II). <https://sip.lex.pl> (dostęp: 30.04.2025).
- Ustawa z dnia 1 lipca 2005 r. o stwierdzeniu zgonu i jego przyczyny. Dz.U. <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/stwierdzenie-zgonu-i-jego-przyczyny-16785093> (dostęp: 30.04.2025).

LEGAL PROTECTION OF HUMAN CORPSES AND ETHICAL ISSUES CONCERNING EX MORTUO TRANSPLANTATION

Abstract: This study discusses the legal status and protection of human remains under Polish law and European Union regulations. It analyzes the definition of human remains, the determination of the moment of death, and the related legal consequences. Particular attention is given to the protection of remains within constitutional, criminal, and civil law, with dignity recognized as the foundation of their legal protection. The paper also explores the impact of the development of transplantology on the evolving legal and societal approach to the human body after death, emphasizing the importance of preserving the proper appearance of remains after organ retrieval—an issue governed by both national law and EU directives. Ethical, philosophical, and religious considerations are presented in the context of controversies surrounding the definition of brain death, the limits of permissible transplants, and the need to protect patient autonomy and respect the dignity of the deceased. The article highlights the necessity of strictly following medical and legal procedures to maintain public trust and underscores the role of ethics in addressing the dilemmas arising from the dynamic advancement of transplantology.

Keywords: human corpses, transplantology, law.

MARCIN ZAREMBA

dr, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

e-mail: marcin.zaremba@ujk.edu.pl

ORCID: 0000-0001-5036-1793

ARTUR BORCUCH

dr, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

e-mail: artur.borcuch@ujk.edu.pl

ORCID: 0000-0002-6839-008X

ZASTOSOWANIE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI I UCZENIA MASZYNOWEGO W PATOMORFOLOGII

Streszczenie: Sztuczna inteligencja (AI) i w jej ramach uczenie maszynowe (ML), dynamicznie przekształcają krajobraz współczesnej opieki zdrowotnej. Technologie te, zdolne do analizy ogromnych i złożonych zbiorów danych, oferują bezprecedensowe możliwości w zakresie poprawy efektywności diagnostyki, personalizacji terapii oraz optymalizacji procesów klinicznych i administracyjnych. W tym kontekście, patomorfologia – opierająca się w dużej mierze na wizualnej interpretacji preparatów tkankowych i komórkowych w celu diagnozowania chorób, zwłaszcza nowotworowych – stanowi obszar o wyjątkowym potencjale do transformacji przez AI i ML. Tradycyjna praktyka patomorfologiczna, choć fundamentalna dla onkologii i wielu innych dziedzin medycyny, obciążona jest wyzwaniami związanymi z subiektywnością oceny, zmiennością międzyobserwatorską oraz rosnącym obciążeniem pracą patomorfologów.

Słowa kluczowe: Sztuczna Inteligencja, Uczenie Maszynowe, Patomorfologia, Patologia Cyfrowa, Obrazowanie Całych Preparatów (WSI), Głębokie Uczenie, Konwolucyjne Sieci Neuronowe (CNN), Transformery Wizyjne (ViT).

ZNACZENIE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI (AI) I UCZENIA MASZYNOWEGO (ML) W NOWOCZESNEJ MEDYCYNIE I PATOMORFOLOGII

Sztuczna inteligencja (AI) i w jej ramach uczenie maszynowe (ML), dynamicznie przekształcają „krajobraz” współczesnej opieki zdrowotnej. Technologie te, zdolne do analizy ogromnych i złożonych zbiorów danych, oferują bezprecedensowe możliwości w zakresie poprawy efektywności diagnostyki, personalizacji terapii oraz optymalizacji procesów klinicznych i administracyjnych (PostDicom, 2025). Od analizy obrazów medycznych, przez wsparcie decyzji klinicznych, zdalne monitorowanie pacjentów, aż po przyspieszenie badań nad nowymi lekami – AI i ML stają się integralną częścią nowoczesnej medycyny (Innowise, 2025). W tym kontekście, patomorfologia – opierająca się w dużej mierze na wizualnej interpretacji preparatów tkankowych i komórkowych w celu diagnozowania chorób, zwłaszcza nowotworowych – stanowi obszar o wyjątkowym potencjale do transformacji przez AI i ML. Tradycyjna praktyka patomorfologiczna, choć fundamentalna dla onkologii i wielu innych dziedzin medycyny, obarczona jest wyzwaniem związanym z subiektywnością oceny, zmiennością międzyobserwatorską oraz rosnącym obciążeniem pracą patomorfologów (CytoJournal, 2025).

Wprowadzenie patologii cyfrowej (Digital Pathology - DP), polegającej na digitalizacji szkieł mikroskopowych do postaci obrazów całych preparatów (Whole Slide Images - WSI), stworzyło fundament technologiczny dla rozwoju i implementacji narzędzi AI w tym obszarze (Annals of Computer Science and Information Systems, 2025). Algorytmy AI mogą wspierać patomorfologów na wielu etapach procesu diagnostycznego, od wstępnej selekcji obszarów podejrzanych, przez precyzyjną segmentację i kwantyfikację cech morfologicznych, aż po prognozowanie przebiegu choroby i odpowiedzi na leczenie (PubMed, 2025).

Rozwój technologii skanowania preparatów mikroskopowych i tworzenia obrazów WSI był bezpośrednim impulsem do eksploracji możliwości AI w patomorfologii. Bez cyfrowej postaci danych obrazowych, zaawansowane algorytmy ML, zwłaszcza te oparte na głębokim uczeniu, nie mogłyby być efektywnie trenowane ani stosowane w praktyce (Biuletyn PTO / Via Medica, 2025). Dostępność coraz większych zbiorów danych WSI stała się kluczowym czynnikiem umożliwiającym rozwój modeli zdolnych do analizy złożonych wzorców

histopatologicznych (PMC, 2024a). Ta zależność podkreśla, że postęp w AI w patomorfologii jest nierozzerwalnie związany z postępowaniem w technologiach obrazowania cyfrowego.

Integracja AI w patomorfologii wykracza jednak poza prostą automatyzację czy usprawnienie istniejących procesów. Zwiastuje bowiem potencjalnie fundamentalną zmianę paradygmatu w diagnostyce, kierując ją ku większej precyzji, obiektywizacji i ilościowej ocenie cech patologicznych (PostDicom, 2025). Możliwość wydobywania przez AI tzw. „sub-wizualnych” cech obrazu, które mogą umykać ludzkiej percepcji, otwiera nowe drogi do zrozumienia biologii nowotworów i tworzenia bardziej dokładnych modeli prognostycznych (PMC, 2017). Standaryzacja oceny, jaką oferują algorytmy, może zmniejszyć zmienność diagnostyczną, a rozwój telepatologii wspieranej przez AI może zwiększyć dostępność wysokospecjalistycznej diagnostyki, szczególnie w regionach o ograniczonych zasobach (CytoJournal, 2025).

PATOLOGIA CYFROWA JAKO FUNDAMENT: OBRAZOWANIE CAŁYCH PREPARATÓW (WSI) I JEGO SYNERGIA Z AI

Podstawą dla zastosowania AI w patomorfologii jest rozwój patologii cyfrowej (DP), a w szczególności technologii obrazowania całych preparatów (WSI). Proces ten polega na skanowaniu tradycyjnych szkiełek mikroskopowych za pomocą specjalistycznych skanerów, co prowadzi do powstania cyfrowych obrazów o bardzo wysokiej rozdzielczości, często rzędu gigapikseli (Biuletyn PTO / Via Medica, 2025). Te cyfrowe preparaty (digital slides - DS) stanowią podstawowy materiał wejściowy dla algorytmów AI, umożliwiając ich analizę za pomocą zaawansowanych technik komputerowych (Annals of Computer Science and Information Systems, 2025).

Efektywne wdrożenie systemów DP i AI wymaga jednak spełnienia szeregu wymagań technicznych i organizacyjnych. Kluczowa jest wysoka jakość samych preparatów histopatologicznych – zaleca się skrawanie blozków parafinowych na grubość 3 µm oraz stosowanie zautomatyzowanych systemów nakrywania szkiełek, aby minimalizować artefakty (Biuletyn PTO / Via Medica, 2025). Skanery WSI muszą zapewniać odpowiednią rozdzielczość, jakość optyczną, a także funkcjonalności takie jak priorytetyzacja skanowania pilnych przypadków (Biuletyn PTO / Via Medica, 2025). Istotne jest również stosowanie metod kompresji obrazu, które są wizualnie bezstratne, aby umożliwić efektywny transfer i przechowywanie ogromnych ilości danych generowanych przez WSI. Zaleca

się wykorzystanie otwartych formatów danych, takich jak TIFF lub DICOM, co ułatwia interoperacyjność między różnymi systemami (Biuletyn PTO/Via Medica, 2025).

Niezbędna jest również solidna infrastruktura informatyczna, obejmująca systemy archiwizacji i komunikacji obrazów (Picture Archiving and Communication System - PACS) oraz integrację z laboratoryjnymi systemami informatycznymi (Laboratory Information System - LIS) (ResearchGate, 2022). Systemy te muszą zapewniać spójność danych i prawidłowe, często zautomatyzowane, przypisanie obrazów cyfrowych do odpowiednich przypadków i preparatów fizycznych, na przykład poprzez stosowanie kodów kreskowych lub kodów 2D na szkiełkach (Biuletyn PTO / Via Medica, 2025). Oprogramowanie wykorzystywane w DP powinno spełniać międzynarodowe standardy wymiany danych medycznych, takie jak HL7 i DICOM, aby umożliwić płynną integrację i wymianę informacji (Biuletyn PTO / Via Medica, 2025).

Dojrzałość infrastruktury patologii cyfrowej w danej placówce jest zatem kluczowym czynnikiem warunkującym skuteczne wdrożenie AI. Nie jest to jedynie kwestia posiadania skanera WSI, ale budowy całego ekosystemu zarządzania danymi cyfrowymi, zapewnienia jakości na każdym etapie procesu – od przygotowania preparatu po archiwizację obrazu – oraz integracji z istniejącymi systemami szpitalnymi (Biuletyn PTO / Via Medica, 2025). Doświadczenia ośrodków takich jak University Medical Center Utrecht pokazują, że przejście na pełną cyfryzację i implementacja narzędzi AI to proces ewolucyjny, wymagający czasu, inwestycji i starannego planowania (ResearchGate, 2022).

KLUCZOWE OBSZARY ZASTOSOWAŃ AI W PATOMORFOLOGII

Potencjał AI w patomorfologii obejmuje szeroki zakres zastosowań, który można podzielić na kilka głównych obszarów:

- **Wspomaganie diagnostyki:** Jest to najbardziej rozwinięty obszar zastosowań. Algorytmy AI, zwłaszcza te oparte na głębokim uczeniu, są wykorzystywane do automatycznego wykrywania i klasyfikacji zmian nowotworowych na obrazach WSI (PostDicom, 2025). Mogą one pomagać w różnicowaniu zmian łagodnych od złośliwych, identyfikacji przerzutów w węzłach chłonnych, ocenie stopnia złośliwości histologicznej (gradingu) oraz określaniu typu i podtypu nowotworu (ResearchGate, 2025a). AI może również służyć jako system „drugiej opinii”, zwracając uwagę patomorfologa na potencjalnie przeoczone obszary.

- Optymalizacja przepływu pracy: Narzędzia AI mogą znacząco usprawnić codzienną pracę w laboratorium patomorfologicznym. Mogą one automatycznie priorytetyzować przypadki wymagające pilnej analizy, wstępnie selekcjonować obszary zainteresowania (regions of interest – ROI) na obrazie WSI, które wymagają szczegółowej oceny przez patomorfologa, czy też automatyzować czasochłonne zadania, takie jak zliczanie figur mitotycznych lub ocena biomarkerów proliferacyjnych (np. Ki67) (CytoJournal, 2025).
- Predykcja prognostyczna i odpowiedzi na leczenie: AI otwiera możliwości w zakresie wykorzystania informacji zawartych w obrazach histopatologicznych do przewidywania przebiegu choroby i skuteczności terapii. Algorytmy mogą analizować cechy morfologiczne komórek nowotworowych i ich mikrośrodowiska, które korelują z rokowaniem pacjenta, ryzykiem nawrotu choroby lub prawdopodobieństwem odpowiedzi na określone leczenie (np. immunoterapię, chemioterapię) (MDPI, 2025a). Łączenie danych obrazowych z danymi klinicznymi, genomicznymi i proteomicznymi może dodatkowo zwiększyć precyzję tych predykcji (CytoJournal, 2025).
- Odkrywanie biomarkerów: Analiza obrazów WSI za pomocą AI może prowadzić do identyfikacji nowych, nieoczywistych cech morfologicznych lub ilościowych, które mają znaczenie prognostyczne lub predykcyjne. Te „obrazowe biomarkery” mogą korelować ze stanem molekularnym guza, obecnością specyficznych mutacji genetycznych lub szlaków sygnałowych, dostarczając informacji bez konieczności wykonywania dodatkowych, często kosztownych, badań molekularnych (PubMed, 2025).

Demokratyzacja dostępu do narzędzi AI, w tym rozwój oprogramowania open-source (np. QuPath, ImageJ) oraz tańszych metod digitalizacji (np. kamery mikroskopowe), stwarza szansę na przyspieszenie adopcji patologii cyfrowej i AI, zwłaszcza w krajach i regionach o ograniczonych zasobach (ResearchGate, 2023a). Jednakże, ta dostępność rodzi jednocześnie wyzwania związane z zapewnieniem odpowiedniej jakości danych wejściowych, standaryzacji metodologii oraz walidacji algorytmów w różnorodnych warunkach klinicznych. Niska jakość lub zmienność obrazów może negatywnie wpływać na niezawodność i generalizowalność modeli AI, które są wrażliwe na takie czynniki (MDPI, 2025c).

DOMINUJĄCE MODELE UCZENIA MASZYNOWEGO W PATOMORFOLOGII

Modele uczenia maszynowego stosowane w patomorfologii są zdominowane przez architektury głębokiego uczenia (Deep Learning - DL), które wykazały wyjątkową zdolność do analizy złożonych danych wizualnych, jakimi są obrazy WSI.

Konwolucyjne Sieci Neuronowe (CNNs) stanowią trzon większości systemów AI stosowanych w analizie obrazów histopatologicznych. Ich architektura jest specjalnie zaprojektowana do przetwarzania danych o strukturze siatki, takich jak obrazy. Kluczowym elementem CNN są warstwy konwolucyjne, które wykorzystują uczące się filtry (jądra) do automatycznego wykrywania i ekstrakcji hierarchicznych cech z obrazu – od prostych krawędzi i tekstur w niższych warstwach, po bardziej złożone struktury i wzorce w warstwach głębszych (Taylor & Francis Online, 2024). Ta zdolność do automatycznego uczenia się reprezentacji danych, bez konieczności ręcznego projektowania cech, czyni CNN niezwykle skutecznymi w zadaniach takich jak klasyfikacja, segmentacja i detekcja obiektów na obrazach WSI (MDPI, 2025b). Ponadto, dzięki mechanizmom współdzielenia wag (weight sharing) i warstwom podpróbkowania (pooling), CNN efektywnie redukują liczbę parametrów modelu w porównaniu do tradycyjnych, w pełni połączonych sieci neuronowych, co przekłada się na lepszą generalizację i często wyższą dokładność (PMC, 2022a).

Wśród architektur CNN, kilka wariantów zdobyło szczególną popularność i wykazało wysoką skuteczność w zastosowaniach patomorfologicznych:

- ResNet (Residual Networks): Architektury te, takie jak ResNet-50 czy ResNet-18, wprowadziły koncepcję połączeń rezydualnych (skip connections). Umożliwiają one „ominięcie” jednej lub więcej warstw, co ułatwia przepływ gradientu podczas procesu uczenia i pozwala na efektywne trenowanie znacznie głębszych sieci neuronowych bez problemu zanikającego gradientu (PMC, 2024a). ResNet-y są często stosowane w złożonych zadaniach klasyfikacyjnych i segmentacyjnych w patologii, osiągając wysokie wyniki (MDPI, 2025b). Przykładowo, w jednym z badań, ResNet-50 osiągnął 99.39% dokładności w klasyfikacji obrazów raka jelita grubego (PMC, 2022a).
- DenseNet (Densely Connected Convolutional Networks): W tej architekturze każda warstwa otrzymuje jako wejście mapy cech ze wszystkich

poprzedzających warstw i przekazuje swoje własne mapy cech do wszystkich kolejnych warstw. Taka „gęsta” łączność promuje intensywne ponowne wykorzystanie cech w całej sieci, poprawia przepływ gradientu i często pozwala osiągnąć wysoką wydajność przy mniejszej liczbie parametrów w porównaniu do ResNet (MDPI, 2025b). Modele takie jak DenseNet-121 czy DenseNet-161 wykazały dokładności przekraczające 97% na zbiorach danych histopatologicznych (MDPI, 2025b) i okazały się skuteczne np. w gradingu glejaków (PMC, 2024b).

- Inception (np. InceptionV3, GoogLeNet): Cechą charakterystyczną tych architektur są moduły „inception”, które równolegle stosują operacje konwolucji z filtrami o różnych rozmiarach (np. 1x1, 3x3, 5x5) oraz operacje poolingu. Pozwala to sieci na jednoczesne przechwytywanie informacji na różnych skalach przestrzennych w obrazie, co jest szczególnie przydatne w analizie heterogenicznych struktur tkankowych (MDPI, 2025b). Modele Inception są zaprojektowane z myślą o efektywności obliczeniowej i często osiągają bardzo dobre wyniki, np. InceptionV3 był stosowany do klasyfikacji nowotworów nabłonkowych żołądka i jelita grubego (MDPI, 2025b) i uzyskał najwyższą dokładność (99.43%) w klasyfikacji raka jelita grubego w badaniu porównawczym (PMC, 2022a).
- VGG (np. VGG16, VGG19): Te modele, opracowane przez Visual Geometry Group na Uniwersytecie Oksfordzkim, charakteryzują się prostą i jednolitą architekturą, wykorzystującą wyłącznie małe filtry konwolucyjne (3x3) ułożone w głębokie stosy (PMC, 2022a). Głębokość sieci (16 lub 19 warstw wagowych) jest kluczowa dla ich zdolności do uczenia się złożonych reprezentacji. Mimo pojawienia się nowszych architektur, VGG nadal są stosowane i potrafią osiągać dobre wyniki, np. VGG19 uzyskał 98.7% dokładności w jednym z zadań klasyfikacji raka jelita grubego (PMC, 2022a).
- AlexNet: Była to jedna z pierwszych głębokich sieci CNN, która odniosła przełomowy sukces w konkursie ImageNet w 2012 roku, znacząco przyczyniając się do rozwoju głębokiego uczenia (MDPI, 2025b). Choć obecnie jest rzadziej stosowana w najnowocześniejszych rozwiązaniach ze względu na pojawienie się bardziej zaawansowanych architektur, nadal służy jako ważny punkt odniesienia w badaniach porównawczych. Zazwyczaj osiąga niższą dokładność niż nowsze modele (PMC, 2022a).
- Niestandardowe CNN z blokami rezydualnymi i separowalnymi

konwolucjami: Badania pokazują również skuteczność niestandardowych architektur CNN, dostosowanych do specyfiki zadań patomorfologicznych. Przykładem jest model do wykrywania raka płuc, który połączył standardowe konwolucje z tzw. separowalnymi konwolucjami (rozdzielającymi operacje na kanałach przestrzennych i głębokościowych) oraz blokami rezydualnymi (PMC, 2024a). Takie podejście pozwoliło na osiągnięcie wysokiej dokładności (96-98%) przy potencjalnie mniejszej złożoności obliczeniowej w porównaniu do standardowych CNN. Separowalne konwolucje redukują liczbę parametrów i obliczeń, co może przyspieszać trening i inferencję oraz pomagać w zapobieganiu przeuczeniu (PMC, 2024a).

Na przykładzie patomorfologii można zaobserwować ewolucję architektur CNN. Początkowo adaptowano modele sprawdzone w ogólnych zadaniach rozpoznawania obrazów (AlexNet, VGG). Następnie dominację zyskały głębsze i bardziej wyrafinowane sieci (ResNet, DenseNet, Inception), które lepiej radziły sobie z wyzwaniami uczenia głębokich modeli. Obecnie obserwuje się dążenie do tworzenia architektur jeszcze bardziej wyspecjalizowanych, uwzględniających unikalne cechy obrazowania histopatologicznego, takie jak ogromne rozmiary WSI, potrzeba analizy kontekstu na różnych poziomach powiększenia, czy konieczność radzenia sobie ze zmiennością barwień. Modyfikacje takie jak separowalne konwolucje czy mechanizmy uwagi (attention mechanisms) są przykładami tego trendu, mającego na celu zwiększenie zarówno dokładności, jak i efektywności obliczeniowej modeli.

Skuteczność modeli ML, zwłaszcza tych opartych na głębokim uczeniu, jest silnie uzależniona od dostępności, jakości i ilości danych treningowych. Modele często osiągają lepsze wyniki, gdy są wstępnie trenowane (pre-trained) na dużych, zróżnicowanych zbiorach danych (np. ImageNet, zawierającym miliony zdjęć obiektów codziennego użytku, lub na dużych zbiorach danych medycznych), a następnie dostrajane (fine-tuned) do specyficznego zadania patomorfologicznego przy użyciu mniejszego, dedykowanego zbioru danych (MDPI, 2025b). Ta technika, znana jako uczenie transferowe (transfer learning), pozwala wykorzystać wiedzę (reprezentacje cech) zakodowaną w modelu wstępnie trenowanym, co jest szczególnie korzystne, gdy dostępność anotowanych danych patomorfologicznych jest ograniczona (MDPI, 2025b). Budowanie wysoce skutecznych modeli od zera dla każdego specyficznego zadania w patologii jest często

niepraktyczne ze względu na trudności w pozyskaniu wystarczająco dużych i zróżnicowanych zbiorów danych treningowych.

Nowszą klasą modeli, która zyskuje na znaczeniu w analizie obrazów, w tym histopatologicznych, są Transformery Wizyjne (Vision Transformers – ViTs). Wywodzą się z architektury Transformer, która zrewolucjonizowała przetwarzanie języka naturalnego (NLP). ViT adaptuje tę architekturę do zadań wizyjnych, dzieląc obraz wejściowy na sekwencję mniejszych łat (patches), które są następnie liniowo rzutowane i traktowane analogicznie do tokenów (słów) w NLP (arXiv, 2025). Kluczowym elementem ViT jest mechanizm uwagi własnej (self-attention), który pozwala modelowi na ważenie znaczenia różnych łat względem siebie i efektywne wychwytywanie globalnych zależności oraz kontekstu w całym obrazie (arXiv, 2025).

Ta zdolność do modelowania dalekosiężnych interakcji jest postrzegana jako potencjalna przewaga ViT nad CNN, które z natury skupiają się na lokalnych cechach poprzez operacje konwolucji. W analizie obrazów histopatologicznych, gdzie zrozumienie globalnego kontekstu architektonicznego tkanki i relacji przestrzennych między odległymi strukturami jest często kluczowe dla postawienia diagnozy, ViT wydają się szczególnie obiecujące (arXiv, 2025). Badania sugerują, że ViT mogą przewyższać CNN w niektórych zadaniach, zwłaszcza gdy obrazy są niskiej jakości lub zawierają subtelne, rozproszone zmiany (PMC, 2025a).

Przykładem skuteczności ViT jest badanie dotyczące klasyfikacji marginesów chirurgicznych w płaskonabłonkowym raku skóry (SCC) na podstawie obrazów histopatologicznych, w tym tych o obniżonej jakości, często spotykanych w warunkach ograniczonych zasobów. Model oparty na ViT, wykorzystujący transfer learning i dostosowaną architekturę, osiągnął dokładność 0.928 i AUC 0.927, znacząco przewyższając najlepszy model CNN (InceptionV3) w tym zadaniu (dokładność 0.86, AUC 0.837) (PMC, 2025a). Wyniki te podkreślają potencjał ViT do poprawy dokładności diagnostycznej w trudnych warunkach obrazowania.

Oprócz dominujących CNN i rosnących w siłę ViT, w patomorfologii stosowane są również inne typy sieci neuronowych, często do specyficznych zadań:

- Sieci w pełni konwolucyjne (Fully Convolutional Networks – FCNs): Są to modyfikacje architektur CNN, w których tradycyjne warstwy w pełni połączone na końcu sieci zastępowane są warstwami konwolucyjnymi. Pozwala to na przetwarzanie obrazów o dowolnym rozmiarze i generowanie mapy wyjściowej o tej samej rozdzielczości co wejście.

FCN są podstawą wielu nowoczesnych metod segmentacji semantycznej, gdzie celem jest przypisanie etykiety klasowej do każdego piksela obrazu (np. odróżnienie tkanki nowotworowej od zdrowej na poziomie pikseli) (Biuletyn PTO / Via Medica, 2025). Architektura U-Net, często stosowana w segmentacji obrazów biomedycznych, jest przykładem sieci opartej na FCN (MDPI, 2025b).

- Generatywne Sieci Przeciwnstawne (Generative Adversarial Networks - GANs): Składają się z dwóch rywalizujących ze sobą sieci: generatora, który tworzy syntetyczne dane (np. obrazy), i dyskriminatora, który próbuje odróżnić dane prawdziwe od syntetycznych. GANs znalazły zastosowanie w patomorfologii m.in. do generowania realistycznych obrazów histopatologicznych w celu augmentacji (powiększania) zbiorów treningowych, co może poprawić robustość i generalizację modeli klasyfikacyjnych, zwłaszcza w przypadku rzadkich typów nowotworów lub zmian (Biuletyn PTO / Via Medica, 2025). Są również wykorzystywane w zaawansowanych metodach normalizacji barwienia, ucząc się transformacji między różnymi stylami barwienia (MDPI, 2025c).
- Powtarzalne Sieci Neuronowe (Recurrent Neural Networks - RNNs): Zaprojektowane głównie do przetwarzania danych sekwencyjnych (np. tekstu, szeregów czasowych). Ich bezpośrednie zastosowanie w analizie statycznych obrazów WSI jest ograniczone, ale mogą być używane w połączeniu z CNN lub ViT, np. do analizy sekwencji łańcuchów obrazu lub w modelach generujących opisy tekstowe obrazów (image captioning) (Biuletyn PTO / Via Medica, 2025).

Na zakończenie warto dodać, iż chociaż głębokie uczenie dominuje w analizie obrazów, klasyczne modele ML, takie jak lasy losowe (Random Forests) czy maszyny wektorów nośnych (Support Vector Machines - SVM), nadal znajdują zastosowanie, zwłaszcza w połączeniu z cechami wydobywanymi z obrazów za pomocą innych metod. Mogą one być używane do klasyfikacji na podstawie cech ręcznie projektowanych (hand-crafted features), które opisują np. teksturę, kształt czy rozkład komórek, lub na podstawie cech radiomicznych, które ilościowo opisują intensywność i heterogeniczność sygnału w obrazach medycznych (np. MRI) (PMC, 2017). Przykładem jest wykorzystanie lasów losowych do predykcji podtypu molekularnego raka piersi na podstawie cech radiomicznych z obrazów DCE-MRI (PMC, 2020) lub w modelowaniu zależności struktura-

aktywność (QSAR) w odkrywaniu leków (MDPI, 2025a – uwaga: to źródło odnosi się do AI ogólnie, a nie konkretnie do QSAR z lasami losowymi).

Tabela 1. Dominujące Modele ML w Patomorfologii

Rodzina Modeli	Konkretne Architektury Przykładowe	Kluczowe Cechy Architektoniczne Istotne dla Patologii	Główne Zastosowania w Patomorfologii	Zgłoszone Najważniejsze Wyniki Wydajności (Przykłady)	Kluczowe Zalety	Ograniczenia/Wyzwania
CNN	ResNet-50, ResNet-18	Bloki rezydualne (ułatwiają trening głębokich sieci)	Klasyfikacja, Segmentacja, Detekcja	>99% dokładności (rak jelita grubego) (PMC, 2022a); 69.67% (ChestX-ray8) (PMC, 2022a)	Dobra wydajność w zadaniach wizualnych, dobrze zbadane	Wrażliwość na jakość danych, problem zanikającego gradientu (łagodzony przez ResNet)
CNN	DenseNet-121, DenseNet-161	Gęste połączenia (promują ponowne wykorzystanie cech)	Klasyfikacja, Grading	>97% dokładności (zbiory histopatologiczne) (MDPI, 2025b); 69% dokładności (grading glejaków, przewyższa inne) (PMC, 2024b)	Wysoka efektywność parametrów, dobry przepływ gradientu	Wyższe zużycie pamięci, potencjalnie intensywne obliczeniowo
CNN	InceptionV3, GoogLeNet	Moduły Inception (analiza cech na różnych skalach)	Klasyfikacja, Detekcja	99.43% dokładności (rak jelita grubego) (PMC, 2022a); 96.63% (retinopatia cukrzycowa) (PMC, 2022a)	Efektywność obliczeniowa, dobra wydajność na różnych skalach	Złożona architektura
CNN	VGG16, VGG19	Głęboka architektura z małymi filtrami (3x3)	Klasyfikacja, Ekstrakcja cech	98.7% dokładności (CRC-VAL-HE-7K) (PMC, 2022a)	Prosta, jednolita architektura	Duża liczba parametrów, podatność na przeuczenie
CNN	Niestandardowe (np. z separowalnymi konwulucjami)	Separowalne konwulucje, bloki rezydualne	Klasyfikacja (np. rak płuc)	96-98% dokładności (rak płuc, przewyższa patologów) (PMC, 2024a)	Potencjalnie mniejsza złożoność obliczeniowa, dostosowanie do zadania	Wymaga projektowania specyficznego dla zadania

ViT	Standardowy ViT (np. ViT-Base)	Mechanizmy uwagi własnej (self-attention), przetwarzanie obrazu jako sekwencji łań	Klasyfikacja, Segmentacja, Generowanie opisów	Dokładność 0.928, AUC 0.927 (klasyfikacja marginesów SCC, przewyższa CNN na niskiej jakości obrazach) (PMC, 2025a)	Zdolność do wychwytywania globalnego kontekstu, dobra wydajność na obrazach niskiej jakości	Wymaga dużych zbiorów danych (transfer learning), intensywny obliczeniowo
FCN	U-Net	Architektura enkoder-dekoder z połączeniami pomijającymi	Segmentacja semantyczna	(Wydajność zależy od zadania segmentacji) (MDPI, 2025b)	Skuteczność w segmentacji obrazów biomedycznych, nawet przy ograniczonych danych	Może mieć problemy z bardzo małymi obiektami
GAN	CycleGAN, inne	Architektura generator-dyskryminator	Generowanie danych syntetycznych, Normalizacja barwienia	(Wydajność oceniana pośrednio przez poprawę modeli lub jakość generowanych danych) (MDPI, 2025c)	Zdolność do generowania realistycznych danych, uczenie nienadzorowane transformacji	Trudności w treningu, ryzyko generowania artefaktów, wymagania obliczeniowe

ZAKOŃCZENIE

Sztuczna inteligencja i uczenie maszynowe rewolucjonizują patomorfologię, oferując narzędzia zdolne do transformacji diagnostyki, optymalizacji przepływu pracy oraz odkrywania nowych biomarkerów. Rozwój patologii cyfrowej, w szczególności obrazowania całych preparatów (WSI), stworzył solidny fundament dla implementacji algorytmów AI, które wykazują imponującą skuteczność w analizie złożonych obrazów histopatologicznych. Modele głębokiego uczenia, takie jak konwolucyjne sieci neuronowe (CNN) w różnych architekturach (ResNet, DenseNet, Inception) oraz nowsze transformery wizyjne (ViT), dominują w tej dziedzinie, osiągając w wielu zadaniach wydajność porównywalną, a niekiedy przewyższającą ludzkich ekspertów.

Zastosowania AI obejmują wspomaganie diagnostyki poprzez automatyczne wykrywanie i klasyfikację zmian, usprawnianie pracy laboratoriów przez automatyzację czasochłonnych zadań, a także otwieranie nowych perspektyw w predykcji prognostycznej i odpowiedzi na leczenie. Możliwość identyfikacji sub-wizualnych cech obrazu przez AI może prowadzić do odkrycia nowych, obrazowych

biomarkerów, wzbogacając naszą wiedzę o biologii chorób.

Pomimo obiecujących wyników, wdrażanie AI w rutynowej praktyce patomorfologicznej napotyka na wyzwania. Należą do nich potrzeba standaryzacji przygotowania preparatów i procesów digitalizacji, zapewnienie wysokiej jakości i reprezentatywności danych treningowych, walidacja algorytmów w różnorodnych warunkach klinicznych oraz kwestie etyczne i regulacyjne. Kluczowe jest również zrozumienie, że AI ma służyć jako narzędzie wspomagające, a nie zastępujące patomorfologa. Synergia między możliwościami analitycznymi maszyn a wiedzą i doświadczeniem klinicznym człowieka wydaje się być optymalną drogą rozwoju.

Dalsze badania i rozwój w dziedzinie AI w patomorfologii powinny koncentrować się na tworzeniu bardziej robustnych, interpretowalnych i generalizowalnych modeli, a także na integracji danych obrazowych z innymi danymi klinicznymi i molekularnymi. Demokratyzacja dostępu do narzędzi AI oraz budowanie solidnej infrastruktury cyfrowej są niezbędne dla pełnego wykorzystania potencjału tych technologii w celu poprawy opieki nad pacjentem i przyspieszenia postępu w medycynie.

LITERATURA

- American Pharmaceutical Review (2025). Medicine Gets an Upgrade: How AI and ML are Reshaping Medical Practice. <https://www.americanpharmaceuticalreview.com/Featured-Articles/618227-Medicine-Gets-an-Upgrade-How-AI-and-ML-are-Reshaping-Medical-Practice/> (dostęp: 12.05.2025).
- Annals of Computer Science and Information Systems (2025). Pathomorphological Diagnosis Process Modeling for Machine Learning Algorithms' Applying. https://annals-csis.org/Volume_39/drp/8289.html (dostęp: 12.05.2025).
- arXiv (2025). A Deep Learning Approach for Augmenting Perceptual Understanding of Histopathology Images. <https://arxiv.org/html/2503.06894v2> (dostęp: 12.05.2025).
- Biuletyn PTO / Via Medica (2025). Rekomendacje dla wdrożenia patologii cyfrowej w jednostkach diagnostyki patomorfologicznej konsensus ekspertów Polskiego Towarzystwa Patologów. https://journals.viamedica.pl/biuletyn_pto/article/download/105619/82270 (dostęp: 12.05.2025).

- CytoJournal (2025). Artificial intelligence in cancer pathology: Applications, challenges, and future directions. <https://cytojournal.com/artificial-intelligence-in-cancer-pathology-applications-challenges-and-future-directions/> (dostęp: 12.05.2025).
- Innowise (2025). Sztuczna inteligencja w opiece zdrowotnej: transformacyjna technologia dla Twojej firmy. <https://innowise.com/pl/blog/artificial-intelligence-healthcare/> (dostęp: 12.05.2025).
- Leica Microsystems (2025). Using Machine Learning in Microscopy Image Analysis. <https://www.leica-microsystems.com/science-lab/life-science/using-machine-learning-in-microscopy-image-analysis/> (dostęp: 12.05.2025).
- MDPI (2025a). A Review on Revolutionizing Healthcare Technologies with AI and ML Applications in Pharmaceutical Sciences (Volume 4, Issue 1, Article 9). <https://www.mdpi.com/2813-2998/4/1/9> (dostęp: 12.05.2025).
- MDPI (2025b). The Diagnostic Classification of the Pathological Image Using Computer Vision (Volume 18, Issue 2, Article 96). <https://www.mdpi.com/1999-4893/18/2/96> (dostęp: 12.05.2025).
- MDPI (2025c). Stain Normalization of Histopathological Images Based on Deep Learning: A Review (Volume 15, Issue 8, Article 1032). <https://www.mdpi.com/2075-4418/15/8/1032> (dostęp: 12.05.2025).
- MDPI (2025d). Evaluating AI-Based Mitosis Detection for Breast Carcinoma in Digital Pathology: A Clinical Study on Routine Practice Integration (Volume 15, Issue 9, Article 1127). <https://www.mdpi.com/2075-4418/15/9/1127> (dostęp: 12.05.2025).
- MDPI (2025e). Harnessing Artificial Intelligence to Enhance Global Breast Cancer Care: A Scoping Review of Applications, Outcomes, and Challenges (Prawdopodobnie artykuł: Volume 17, Issue 2, Article 197). <https://www.mdpi.com/2072-6694/17/2/197> (dostęp: 12.05.2025).
- PMC (PubMed Central) (2017). Image analysis and machine learning in digital pathology: Challenges and opportunities. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5556681/> (dostęp: 12.05.2025).
- PMC (PubMed Central) (2019). A High-Performance System for Robust Stain Normalization of Whole-Slide Images in Histopathology. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6778842/> (dostęp: 12.05.2025).

- PMC (PubMed Central) (2020). An Investigation into Race Bias in Random Forest Models Based on Breast DCE-MRI Derived Radiomics Features. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7616589/> (dostęp: 12.05.2025).
- PMC (PubMed Central) (2022a). Deep Learning Technology Applied to Medical Image Tissue Classification. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9600639/> (dostęp: 12.05.2025).
- PMC (PubMed Central) (2023). Impact of H&E Stain Normalization on Deep Learning Models in Cancer Image Classification: Performance, Complexity, and Trade-Offs. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10452714/> (dostęp: 12.05.2025).
- PMC (PubMed Central) (2024a). Development and Validation of a Deep Learning Model for Histopathological Slide Analysis in Lung Cancer Diagnosis. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11048051/> (dostęp: 12.05.2025).
- PMC (PubMed Central) (2024b). Deep Learning Glioma Grading with the Tumor Microenvironment Analysis Protocol for Comprehensive Learning, Discovering, and Quantifying Microenvironmental Features. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11573951/> (dostęp: 12.05.2025).
- PMC (PubMed Central) (2025a). Vision Transformers for Low-Quality Histopathological Images: A Case Study on Squamous Cell Carcinoma Margin Classification. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11817517/> (dostęp: 12.05.2025).
- PMC (PubMed Central) (2025b). Impact of stain variation and color normalization for prognostic predictions in pathology. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11742970/> (dostęp: 12.05.2025).
- PMC (PubMed Central) (2025c). Artificial Intelligence in Oral Cancer: A Comprehensive Scoping Review of Diagnostic and Prognostic Applications. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11816433/> (dostęp: 12.05.2025).
- PMC (PubMed Central) (2025d). The current landscape of artificial intelligence in computational histopathology for cancer diagnosis. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11961855/> (dostęp: 12.05.2025).

- PMC (PubMed Central) (2025e). AI in Histopathology Explorer for comprehensive analysis of the evolving AI landscape in histopathology. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11904230/> (dostęp: 12.05.2025).
- PostDicom (2025). 5 Korzyści ze sztucznej inteligencji w opiece zdrowotnej. <https://www.postdicom.com/pl/blog/benefits-of-artificial-intelligence-in-healthcare> (dostęp: 12.05.2025).
- PubMed (2025). Future of Artificial Intelligence-Machine Learning Trends in Pathology and Medicine. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39761872/> (dostęp: 12.05.2025).
- ResearchGate (2019). On the Edge of a Digital Pathology Transformation: Views from a Cellular Pathology Laboratory Focus Group. https://www.researchgate.net/publication/337699635_On_the_Edge_of_a_Digital_Pathology_Transformation_Views_from_a_Cellular_Pathology_Laboratory_Focus_Group (dostęp: 12.05.2025).
- ResearchGate (2022). (PDF) Implementation of Artificial Intelligence in Diagnostic Practice as a Next Step after Going Digital: The UMC Utrecht Perspective. https://www.researchgate.net/publication/360152558_Implementation_of_Artificial_Intelligence_in_Diagnostic_Practice_as_a_Next_Step_after_Going_Digital_The_UMC_Utrecht_Perspective (dostęp: 12.05.2025).
- ResearchGate (2023a). The image was upload in software, the software was given 1000 times iteration for chorionic villi of various size and shapes and trained to become green after confidence level of 50%. https://www.researchgate.net/figure/The-image-was-upload-in-software-the-software-was-given-1000-times-iteration-for_fig2_370868987 (dostęp: 12.05.2025).
- ResearchGate (2023b). A suggested way forward for adoption of AI-Enabled digital pathology in low resource organizations in the developing world. https://www.researchgate.net/publication/370868987_A_suggested_way_forward_for_adoption_of_AI-Enabled_digital_pathology_in_low_resource_organizations_in_the_developing_world (dostęp: 12.05.2025).

- ResearchGate (2024). (PDF) Bias Mitigation via Synthetic Data Generation: A Review. https://www.researchgate.net/publication/384592110_Bias_Mitigation_via_Synthetic_Data_Generation_A_Review (dostęp: 12.05.2025).
- ResearchGate (2025a). (PDF) AI in Digital Pathology: Automated Histopathological Analysis for Cancer Grading and Prognostic Outcome Prediction. https://www.researchgate.net/publication/389988213_AI_in_Digital_Pathology_Automated_Histopathological_Analysis_for_Cancer_Grading_and_Prognostic_Outcome_Prediction (dostęp: 12.05.2025).
- ResearchGate (2025b). Ethics of AI in pathology: Current paradigms and emerging issues. https://www.researchgate.net/publication/387626758_Ethics_of_AI_in_pathology_Current_paradigms_and_emerging_issues (dostęp: 12.05.2025).
- Taylor & Francis Online (2024). Advancements and applications of AI technologies in pathology: a scoping review. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21681163.2024.2396595> (dostęp: 12.05.2025).

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING IN PATHOLOGY

Abstract: Artificial intelligence (AI), and within it, machine learning (ML), are dynamically transforming the landscape of modern healthcare. These technologies, capable of analyzing vast and complex datasets, offer unprecedented opportunities to enhance diagnostic accuracy, personalize treatment, and optimize both clinical and administrative processes. In this context, pathology – largely based on the visual interpretation of tissue and cellular samples to diagnose diseases, especially cancer – emerges as an area with exceptional potential for transformation through AI and ML. Traditional pathology practice, although fundamental to oncology and many other fields of medicine, faces challenges such as subjectivity in evaluation, interobserver variability, and the increasing workload of pathologists.

Keywords: Artificial Intelligence, Machine Learning, Pathology, Digital Pathology, Whole Slide Imaging (WSI), Deep Learning, Convolutional Neural Networks (CNN), Vision Transformers (ViT).

MARCIN ZAREMBA

dr, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

e-mail: marcin.zaremba@ujk.edu.pl

ORCID: 0000-0001-5036-1793

ARTUR BORCUCH

dr, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

e-mail: artur.borcuch@ujk.edu.pl

ORCID: 0000-0002-6839-008X

ZASTOSOWANIE, WYZWANIA I PERSPEKTYWY UCZENIA MASZYNOWEGO W PATOMORFOLOGII CYFROWEJ

Streszczenie: Artykuł przedstawia analizę zastosowań uczenia maszynowego (ML) w dziedzinie patomorfologii, koncentrując się na kluczowych przypadkach użycia, takich jak automatyczne wykrywanie i klasyfikacja nowotworów, precyzyjne stopniowanie i ocena zaawansowania guzów, zaawansowana segmentacja komórek i tkanek, analiza ilościowa oraz predykcja prognostyczna. Prezentuje również krytyczne aspekty implementacyjne, w tym jakość danych, zarządzanie zmiennością barwienia, walidację modeli, problem „czarnej skrzynki” oraz wymiary etyczne związane z prywatnością danych i stroniczością algorytmiczną. W końcowej części artykułu nakreślono przyszłe kierunki rozwoju AI w patomorfologii, takie jak AI multimodalna, uczenie federacyjne oraz operacjonalizacja uczenia maszynowego (MLOps).

Słowa kluczowe: Uczenie maszynowe, patomorfologia, patologia cyfrowa, sztuczna inteligencja, diagnostyka nowotworów, analiza obrazu, wyzwania implementacyjne, etyka AI.

WPROWADZENIE

Patomorfologia, jako dziedzina medycyny zajmująca się badaniem morfologicznym tkanek i komórek w celu diagnozowania chorób, przechodzi transformację cyfrową. Digitalizacja preparatów mikroskopowych do postaci obrazów całych preparatów (WSI – Whole Slide Images) otworzyła drogę do zastosowania zaawansowanych narzędzi obliczeniowych, w szczególności algorytmów uczenia maszynowego (ML) i głębokiego uczenia (DL). Sztuczna inteligencja (AI) stwarza możliwość zrewolucjonizowania praktyki patomorfologicznej poprzez automatyzację czasochłonnych zadań, zwiększenie obiektywności i powtarzalności ocen, a także odkrywanie nowych biomarkerów obrazowych niewidocznych dla ludzkiego oka. Celem artykułu jest przegląd kluczowych zastosowań ML w patomorfologii, identyfikacja głównych wyzwań związanych z wdrażaniem tych technologii do praktyki klinicznej oraz nakreślenie przyszłych perspektyw rozwoju tej dziedziny.

KLUCZOWE ZASTOSOWANIA I PRZYPADKI UŻYCIA ML W PATOMORFOLOGII

Możliwości oferowane przez modele uczenia maszynowego przekładają się na szerokie spektrum praktycznych zastosowań w codziennej pracy patomorfologa oraz w prowadzonych badaniach naukowych.

Zautomatyzowane wykrywanie i klasyfikacja nowotworów to jedno z powszechnie badanych zastosowań AI w patomorfologii. Algorytmy, zwłaszcza CNN, są trenowane do automatycznego identyfikowania obszarów zajętych przez nowotwór na cyfrowych obrazach całych preparatów (WSI) (PostDicom, 2024). Potrafią one z dużą dokładnością odróżniać tkankę nowotworową od zdrowej, a także klasyfikować zmiany jako łagodne lub złośliwe. Co więcej, AI może pomagać w różnicowaniu poszczególnych typów i podtypów histologicznych nowotworów, co ma kluczowe znaczenie dla dalszego postępowania terapeutycznego (Kumar et al., 2024).

Przykłady skuteczności AI w patomorfologii obejmują różne lokalizacje nowotworów:

- Rak płuc: Model łączący CNN i separowalne CNN z blokami rezyduальnymi osiągnął dokładność 96-98% w rozróżnianiu komórek rakowych od zdrowych na obrazach WSI biopsji płuca, przewyższając średnią dokładność grupy patomorfologów (100% vs 79%) (Ahmed et al., 2024).

- Rak piersi: Wczesne badania wykazały, że model AI oparty na głębokim uczeniu przewyższył diagnozę 11 patomorfologów w zadaniu diagnostyki raka piersi (PostDicom, 2024). Obecnie prowadzone są perspektywne badania kliniczne, takie jak CONFIDENT B w UMC Utrecht, oceniające bezpieczeństwo i skuteczność wdrożenia AI do wspomagania wykrywania raka piersi w rutynowej diagnostyce (Flach et al., 2022).
- Rak prostaty: Modele AI są wykorzystywane nie tylko do analizy obrazów histopatologicznych, ale także do klasyfikacji obrazów rezonansu magnetycznego (MRI) prostaty, co może potencjalnie zmniejszyć liczbę wykonywanych biopsji (Matsuzaka et al., 2025). Podobnie jak w przypadku raka piersi, trwają badania (np. CONFIDENT-P) nad klinicznym zastosowaniem AI w wykrywaniu raka prostaty na obrazach WSI (Flach et al., 2022).
- Rak jelita grubego: CNN wykazały zdolność do klasyfikacji zmian w jelicie grubym z dokładnością przekraczającą 97% (Matsuzaka et al., 2025). Modele takie jak InceptionV3 są stosowane do różnicowania gruczolaka, gruczolaka i zmian nienowotworowych (Matsuzaka et al., 2025).
- Rak jamy ustnej: Badania wskazują, że AI, w szczególności CNN, może przewyższać tradycyjne metody przesiewowe w wykrywaniu raka jamy ustnej na podstawie analizy obrazów medycznych, co ma kluczowe znaczenie dla wczesnej diagnozy i poprawy rokowania (Vinay et al., 2025).
- Glejak (Glioma): Model DenseNet121 okazał się skuteczny w automatycznej klasyfikacji stopni złośliwości glejaków według WHO na podstawie obrazów mikromacierzy tkankowych (TMA), osiągając 69% dokładności i wykazując lepszą zdolność do rozróżniania trudnych diagnostycznie przypadków stopnia 2 i 3 w porównaniu do innych architektur (Pytlarz et al., 2024).

PRECYZYJNE STOPNIOWANIE (GRADING) I OCENA ZAAWANSOWANIA (STAGING) GUZÓW

Określenie stopnia złośliwości histologicznej (gradingu) nowotworu jest fundamentalnym elementem diagnozy patomorfologicznej, mającym bezpośredni wpływ na rokowanie i wybór strategii leczenia. Grading opiera się na ocenie cech morfologicznych, takich jak stopień atypii komórkowej, aktywność mitotyczna czy wzorzec architektoniczny tkanki. Ocena ta bywa jednak subiektywna

(Wang et al., 2025). AI oferuje możliwość obiektywizacji i standaryzacji procesu gradingu. Algorytmy mogą być trenowane do ilościowej oceny kluczowych cech morfologicznych i przypisywania stopnia złośliwości na podstawie ustalonych kryteriów (Kumar et al., 2024). Przykładami są systemy AI do automatycznego oceniania stopnia Gleasona w raku prostaty, które analizują architekturę gruczołów (Madabhushi i Lee, 2016), czy wspomniane wcześniej modele do gradingu glejaków (Pytlarz et al., 2024). Poprzez zastosowanie spójnych reguł oceny, AI może znacząco zredukować zmienność międzyobserwatorską i wewnątrzsobniczą w gradingu, prowadząc do bardziej wiarygodnych i powtarzalnych wyników (Wang et al., 2025). AI może również wspomagać ocenę zaawansowania choroby (staging), na przykład poprzez automatyczne wykrywanie i kwantyfikację przerzutów w węzłach chłonnych.

ZAAWANSOWANA SEGMENTACJA KOMÓREK I TKANEK

Dokładna identyfikacja i wydzielenie (segmentacja) poszczególnych struktur komórkowych i tkankowych na obrazach WSI jest często niezbędnym krokiem wstępnym dla wielu dalszych analiz ilościowych. Zadania segmentacji obejmują m.in. lokalizowanie i obrysowywanie jąder komórkowych, cytoplazmy, gruczołów, naczyń krwionośnych, obszarów zębów, stref nacieku nowotworowego czy populacji komórek odpornościowych w mikrośrodowisku guza (Salo et al., 2024). Do tych zadań szczególnie dobrze nadają się modele oparte na FCN, takie jak popularna architektura U-Net, ale również inne warianty CNN i coraz częściej ViT. Kluczową techniką wspomagającą segmentację jest klasyfikacja pikseli, gdzie algorytm uczy się przypisywać każdemu pikselowi obrazu etykietę odpowiadającą określonej klasie (np. jądro, cytoplazma, tło, komórka nowotworowa, limfocyt) (Leica Microsystems, 2025). Trenowanie klasyfikatora pikseli, często poprzez dostarczenie przez patomorfologa przykładów adnotacji na fragmencie obrazu, pozwala na automatyczną segmentację dużych zbiorów danych WSI (Leica Microsystems, 2025). Precyzyjna segmentacja umożliwia następnie dokładne pomiary morfometryczne (np. wielkość i kształt jąder), ocenę gęstości komórkowej czy analizę relacji przestrzennych między różnymi typami komórek.

ZLICZANIE FIGUR MITOTYCZNYCH, INDEKSY PROLIFERACYJNE (NP. OCENA KI67)

Ocena aktywności proliferacyjnej nowotworu jest ważnym czynnikiem predykcyjnym. Tradycyjnie opiera się ona na ręcznym zliczaniu figur mitotycznych w określonym polu widzenia lub na ocenie odsetka komórek wykazujących ekspresję markera proliferacji Ki67 w badaniu immunohistochemicznym. Obie te metody są czasochłonne i obciążone znaczną zmiennością międzyobserwatorską. AI oferuje zautomatyzowane i obiektywne rozwiązania dla tych zadań. Algorytmy głębokiego uczenia mogą być trenowane do precyzyjnego wykrywania i zliczania figur mitotycznych na obrazach WSI barwionych hematoksyliną i eozyną (H&E) (Madabhushi i Lee, 2016). Systemy te często identyfikują tzw. „hotspoty” mitotyczne (obszary o największej aktywności podziałowej) i prezentują kandydatów na figury mitotyczne do weryfikacji przez patomorfologa. Badania kliniczne, jak te przeprowadzone w UMC Utrecht, wykazały, że wspomaganie AI poprawia dokładność i odtwarzalność oceny mitotycznej przez patomorfologów w raku piersi (Flach et al., 2022). Podobnie, algorytmy AI mogą automatycznie segmentować jądra komórkowe na obrazach barwionych na Ki67 i obliczać indeks proliferacyjny jako odsetek jąder pozytywnych, co również zostało wdrożone w praktyce klinicznej (Flach et al., 2022).

PREDYKCJA PROGNOSTYCZNA I OCENA ODPOWIEDZI NA LECZENIE

Modele ML, analizując złożone wzorce morfologiczne na obrazach WSI, często niewidoczne lub trudne do oceny dla ludzkiego oka (tzw. cechy „sub-wizualne” (Madabhushi i Lee, 2016)), mogą identyfikować sygnatury związane z agresywnością nowotworu, ryzykiem nawrotu, czasem przeżycia czy prawdopodobieństwem odpowiedzi na konkretne terapie, takie jak chemioterapia czy immunoterapia (Kandhare et al., 2025). Siła AI w tym zakresie polega na zdolności do integracji informacji z wielu źródeł. Modele mogą łączyć cechy wydobyte z obrazów histopatologicznych z danymi klinicznymi pacjenta (wiek, stadium choroby, wyniki badań laboratoryjnych), danymi genomicznymi (mutacje, ekspresja genów) i proteomicznymi, tworząc kompleksowe modele predykcyjne o potencjalnie wyższej dokładności niż modele oparte tylko na jednym typie danych (Wang et al., 2025).

ODKRYWANIE BIOMARKERÓW STEROWANE PRZEZ AI NA PODSTAWIE DANYCH HISTOPATOLOGICZNYCH

Tradycyjne biomarkery często opierają się na ocenie ekspresji konkretnych białek (np. w badaniach immunohistochemicznych) lub obecności specyficznych mutacji genetycznych. AI otwiera możliwość odkrywania zupełnie nowych klas biomarkerów – biomarkerów obrazowych – opartych bezpośrednio na analizie morfologii tkanki na obrazach WSI (Hanna et al., 2025). Algorytmy głębokiego uczenia potrafią identyfikować subtelne, ilościowe cechy dotyczące kształtu, tekstury, rozmieszczenia komórek i struktur tkankowych, które korelują ze stanem klinicznym, rokowaniem, odpowiedzią na leczenie, a nawet obecnością konkretnych mutacji genetycznych czy molekularnych podtypów nowotworu (Hanna et al., 2025). Głębokie uczenie może wnioskować o statusie mutacji w genach takich jak EGFR, BRAF czy o niestabilności mikrosatelitarnej (MSI) bezpośrednio z obrazów H&E rutynowo barwionych preparatów (Chauhan et al., 2025). Odkrywanie takich zależności może prowadzić do opracowania nowych, nieinwazyjnych (w sensie braku konieczności dodatkowych badań molekularnych) i potencjalnie tańszych narzędzi diagnostycznych i prognostycznych.

Obserwując ewolucję zastosowań AI w patomorfologii, można zauważyć wyraźny trend przechodzenia od zadań stosunkowo prostych, związanych głównie z detekcją i klasyfikacją obiektów na obrazie, w kierunku bardziej złożonych analiz o charakterze predykcyjnym (PostDicom, 2024). Wczesne prace koncentrowały się na naśladowaniu zadań percepcyjnych wykonywanych przez patomorfologów. Obecnie coraz większy nacisk kładzie się na wykorzystanie AI do odkrywania nowych zależności, integrowania danych z wielu źródeł (obrazy, dane molekularne, kliniczne) i dostarczania informacji wspomagających podejmowanie decyzji terapeutycznych w ramach medycyny spersonalizowanej (Hanna et al., 2025). Co istotne, największą wartość AI w patomorfologii wydaje się przynosić w modelu inteligentnego wspomagania pracy patomorfologa (PostDicom, 2024). Interaktywne narzędzia, gdzie AI dokonuje wstępnej analizy, kwantyfikacji lub selekcji, a patomorfolog weryfikuje wyniki, interpretuje je w kontekście klinicznym i podejmuje ostateczną decyzję, wydają się najbardziej obiecującym kierunkiem rozwoju (Kłopotowski et al., 2023). Taka synergia człowiek-maszyna może prowadzić do poprawy zarówno efektywności (poprzez automatyzację rutynowych zadań), jak i jakości diagnostyki (poprzez zwiększenie obiektywności i wykrywanie subtelnych cech). Jedną z fundamentalnych korzyści płynących z zastosowania AI jest potencjał do znacznego zredukowania subiektywności

i zmienności międzyobserwatorskiej, które są nieodłącznym elementem tradycyjnej oceny mikroskopowej (Wang et al., 2025). Algorytmy, jeśli są odpowiednio zaprojektowane, wytrenowane na reprezentatywnych danych i zwalidowane, stosują te same kryteria oceny do każdego przypadku, niezależnie od czynników zewnętrznych. Może to prowadzić do bardziej spójnych, odtwarzalnych i porównywalnych diagnoz w skali globalnej, co ma ogromne znaczenie nie tylko dla codziennej praktyki klinicznej, ale także dla prowadzenia badań naukowych i oceny skuteczności nowych terapii.

Tabela 2. Zastosowania AI w Patomorfologii w Różnych Typach Nowotworów

Typ Nowotworu	Zadanie Patomorfologiczne	Dominujące Modele AI/ML	Kluczowe Wyniki/Korzyści (Przykłady)
Rak Płuc	Detekcja/Klasyfikacja komórek rakowych	Niestandardowe CNN (z separowalnymi konwolucjami, blokami rezydualnymi)	Dokładność 96-98%, przewyższa patologów (100% vs 79%) (Ahmed et al., 2024)
Rak Piersi	Detekcja/Klasyfikacja	CNN (Głębokie uczenie)	Przewyższenie 11 patomorfologów (PostDicom, 2024); Poprawa dokładności i odtwarzalności oceny mitotycznej (Simmat et al., 2025)
	Liczenie Mitoz / Hotspoty	CNN (AI-based tool)	Poprawa dokładności i odtwarzalności (Kappa 0.378->0.629, 0.457->0.726) (Simmat et al., 2025)
	Ocena Ki67	CNN (AI algorithm)	Zintegrowane z systemem PACS (Flach et al., 2022)
Rak Prostaty	Detekcja/Klasyfikacja (z WSI)	CNN	(Trwające badania kliniczne)
	Klasyfikacja (z MRI)	CNN	Potencjalna redukcja liczby biopsji (Matsuzaka et al., 2025)
	Grading (Gleason)	CNN	Automatyczne ocenianie stopnia Gleasona (Madabhushi i Lee, 2016)
Rak Jelita Grubego	Klasyfikacja zmian	CNN (np. InceptionV3, VGG19)	Dokładność >97% (Matsuzaka et al., 2025); InceptionV3 - 99.43% (Tsai et al., 2022)
Glejak (Glioma)	Grading (WHO)	CNN (DenseNet121)	Dokładność 69%, lepsze rozróżnianie G2/G3 (Pytlarz et al., 2024)
Rak Jamy Ustnej	Detekcja/Klasyfikacja	CNN	Przewyższenie tradycyjnych metod przesiewowych (Vinay et al., 2025)
Różne typy	Segmentacja (jądra, gruczoły, zrzęb)	FCN (np. U-Net), CNN	Umożliwienie analizy ilościowej (Salo et al., 2024)
Różne typy	Prognoza / Odpowiedź na leczenie	CNN, ViT (często w połączeniu z innymi danymi)	Identyfikacja cech „sub-wizualnych”, korelacja z wynikami klinicznymi (Wang et al., 2025)
Różne typy	Odkrywanie Biomarkerów Obrazowych	Głębokie uczenie (CNN, ViT)	Wnioskowanie o mutacjach genetycznych z H&E (Chauhan et al., 2025)

KRYTYCZNE ROZWAŻANIA IMPLEMENTACYJNE, WYZWANIA I ROZWIĄZANIA

Pomimo ogromnego potencjału AI w patomorfologii, jej skuteczne i bezpieczne wdrożenie do rutynowej praktyki klinicznej napotyka na szereg istotnych wyzwań. Ich zrozumienie i poszukiwanie dla nich rozwiązań jest kluczowe dla pełnego wykorzystania możliwości tej technologii.

Jakość i dostępność danych stanowią fundament, na którym opiera się AI w patomorfologii. Algorytmy AI, zwłaszcza te oparte na głębokim uczeniu, są wrażliwe na jakość obrazów wejściowych. Artefakty powstałe na etapie przygotowania preparatu (np. fałdy tkanki, pęcherzyki powietrza), nieodpowiednia grubość skrawków, problemy techniczne podczas skanowania (np. nieostrość, błędy zszywania pól) mogą znacząco obniżyć wydajność modeli AI lub prowadzić do błędnych wyników (Kłopotowski et al., 2023). Zapewnienie wysokiej i spójnej jakości WSI jest zatem warunkiem wstępnym dla wiarygodnej analizy AI.

Kolejny aspekt, na który należy zwrócić uwagę to adnotacja danych. Większość obecnie stosowanych modeli AI w patomorfologii to modele nadzorowane, które wymagają do treningu dużych zbiorów danych z precyzyjnymi adnotacjami wykonanymi przez ekspertów (patomorfologów) (Wang et al., 2025). Proces adnotacji, polegający np. na obrysowywaniu obszarów nowotworowych, zaznaczaniu poszczególnych komórek czy przypisywaniu etykiet diagnostycznych, jest niezwykle czasochłonny, kosztowny i sam w sobie podatny na zmienność między ekspertami. Jakość i spójność adnotacji mają bezpośredni wpływ na jakość wytrenowanego modelu AI.

Na uwagę zasługują również wymagania dotyczące dużych zbiorów danych. Modele głębokiego uczenia, aby nauczyć się złożonych wzorców i dobrze generalizować na nowe, niewidziane wcześniej przypadki, potrzebują dostępu do bardzo dużych i zróżnicowanych zbiorów danych treningowych (American Pharmaceutical Review, 2025). Pozyskanie takich zbiorów, obejmujących szerokie spektrum zmian patologicznych, różne typy nowotworów, rzadkie przypadki oraz dane z różnych populacji i ośrodków, stanowi poważne wyzwanie logistyczne i organizacyjne, zwłaszcza w kontekście ochrony prywatności danych pacjentów.

ZARZĄDZANIE ZMIENNOŚCIĄ: TECHNIKI NORMALIZACJI BARWIENIA I ICH WPŁYW

Jednym z największych wyzwań technicznych w analizie obrazów histopatologicznych jest ich znaczna zmienność kolorystyczna (stain variation). Różnice w protokołach przygotowania tkanek, jakości i stężeniu odczynników barwiących (głównie hematoksyliny i eozyny - H&E), czasie barwienia, a także charakterystyce używanych skanerów WSI prowadzą do istotnych różnic w wyglądzie obrazów pochodzących z różnych laboratoriów, a nawet z różnych partii preparatów w tym samym laboratorium (Madabhushi i Lee, 2016). Ta zmienność stanowi poważny problem dla algorytmów AI, które mogą błędnie interpretować różnice w kolorze jako cechy patologiczne lub mieć trudności z generalizacją wiedzy nabytej na danych o jednym profilu barwienia na dane o innym profilu (Xu et al., 2025). Aby zaradzić temu problemowi, opracowano szereg technik normalizacji barwienia, których celem jest standaryzacja wyglądu obrazów WSI poprzez dostosowanie ich dystrybucji kolorów do pewnego standardu lub obrazu referencyjnego, przy jednoczesnym zachowaniu istotnych diagnostycznie cech strukturalnych tkanki (Xu et al., 2025).

Metody te można podzielić na dwie główne kategorie:

- Metody tradycyjne: Opierają się one zazwyczaj na analizie statystycznej kolorów w obrazie i próbie dopasowania ich do profilu referencyjnego. Popularne techniki obejmują metody oparte na dopasowywaniu histogramów kolorów (np. metoda Reinharda) lub na separacji składowych barwników (hematoksyliny i eozyny) za pomocą technik takich jak dekompozycja wartości osobliwych (SVD) (np. metoda Macenko) czy rzadka nieujemna faktoryzacja macierzy (np. metoda Vahadane) (Xu et al., 2025). Wadą tych metod jest często zależność od wyboru odpowiedniego obrazu referencyjnego, który musi być reprezentatywny dla docelowego profilu barwienia (Xu et al., 2025).
- Metody oparte na głębokim uczeniu: Nowsze podejścia wykorzystują modele głębokiego uczenia, zwłaszcza Generatywne Sieci Przeciwwstawne (GANs), do nauki transformacji między różnymi stylami barwienia (Xu et al., 2025). Modele takie jak CycleGAN potrafią uczyć się mapowania między domenami obrazów (np. obrazy z laboratorium A do obrazów z laboratorium B) w sposób nienadzorowany, bez potrzeby parowania obrazów.

- Metody te wykazują duży potencjał ze względu na mniejsze wymagania dotyczące wstępnego przetwarzania danych i brak zależności od konkretnego szablonu referencyjnego (Xu et al., 2025). Normalizacja barwienia może znacząco poprawić wydajność i generalizowalność modeli AI, zwłaszcza tych o mniejszej złożoności (Madusanka et al., 2023). Jednakże, badania wskazują, że nawet po zastosowaniu normalizacji, modele AI mogą nadal mieć trudności z generalizacją między partiami preparatów przygotowanych w różnym czasie, co sugeruje istnienie innych, subtelniejszych źródeł zmienności w danych, które nie są w pełni eliminowane przez samą korekcję kolorów (Lin et al., 2025).

WALIDACJA MODELU, GENERALIZOWALNOŚĆ I PROBLEM „CZARNEJ SKRZYNKI” (INTERPRETABILNOŚĆ/WYJAŚNIALNOŚĆ - XAI)

Aby narzędzia AI mogły być bezpiecznie i skutecznie stosowane w diagnostyce klinicznej, muszą być poddane rygorystycznym procesom walidacji. Nie wystarczy bowiem wykazać wysokiej dokładności modelu na danych treningowych czy nawet na wydzielonym zbiorze testowym pochodzącym z tego samego źródła. Kluczowa jest walidacja zewnętrzna, czyli ocena wydajności modelu na całkowicie niezależnych zbiorach danych, pochodzących z innych instytucji, populacji pacjentów i wykorzystujących potencjalnie inne protokoły przygotowania preparatów i skanowania (Wang et al., 2025). Taka walidacja pozwala ocenić rzeczywistą zdolność modelu do poprawnego działania w różnorodnych warunkach spotykanych w praktyce klinicznej. Modele, które dobrze działają na danych treningowych, ale słabo generalizują na nowe dane, mają ograniczoną wartość kliniczną (Wang et al., 2025). Proces walidacji powinien być starannie udokumentowany, a algorytmy przeznaczone do użytku diagnostycznego muszą spełniać odpowiednie wymogi regulacyjne (np. posiadać certyfikat IVD/IVDR w Europie lub zatwierdzenie FDA w USA) (Kłopotowski et al., 2023). Co więcej, zaleca się, aby patomorfolog, który ma używać danego narzędzia AI, przeprowadził własną walidację w warunkach swojej codziennej praktyki, aby zdobyć doświadczenie i zaufanie do algorytmu (Kłopotowski et al., 2023).

Na uwagę zasługuje również tzw. problem „Czarnej Skrzynki” i XAI. Wiele zaawansowanych modeli głębokiego uczenia, mimo wysokiej skuteczności, działa w sposób trudny do zrozumienia dla człowieka – są tzw. „czarnymi skrzynkami” (black boxes) (Kandhare et al., 2025). Brak przejrzystości co do tego, na jakich cechach obrazu model opiera swoje decyzje, stanowi poważną barierę

dla budowania zaufania wśród klinicystów i ich gotowości do wykorzystania AI w podejmowaniu krytycznych decyzji diagnostycznych. W odpowiedzi na ten problem rozwija się dziedzina Wyjaśnialnej Sztucznej Inteligencji (Explainable AI - XAI), która dąży do opracowania metod pozwalających na interpretację działania modeli AI (Wang et al., 2025). Techniki XAI, takie jak mapy istotności (saliency maps), mapy aktywacji klas (Class Activation Mappings - CAMs) czy mechanizmy uwagi (attention mechanisms), mogą wizualizować, które regiony obrazu wejściowego miały największy wpływ na predykcję modelu (Kumar et al., 2024). Pozwala to patomorfologom ocenić, czy „rozumowanie” AI jest zgodne z ich wiedzą medyczną i czy model faktycznie skupia się na istotnych cechach patologicznych, a nie na artefaktach czy cechach nieistotnych. Interpretowalność jest kluczowa dla identyfikacji potencjalnych błędów lub stronniczości modelu oraz dla odpowiedzialnego wdrożenia AI w praktyce klinicznej (Kumar et al., 2024).

WYMIARY ETYCZNE: PRYWATNOŚĆ DANYCH, BEZPIECZEŃSTWO, STRONNICZOŚĆ ALGORYTMICZNA I SPRAWIEDLIWOŚĆ

Wdrożenie AI w patomorfologii rodzi szereg istotnych wyzwań etycznych. W pierwszej kolejności na uwagę zasługują prywatność i bezpieczeństwo danych. Obrazy WSI, wraz z powiązаныmi danymi klinicznymi i molekularnymi, stanowią wrażliwe dane osobowe pacjentów. Ich gromadzenie, przechowywanie, przetwarzanie i udostępnianie (np. na potrzeby treningu modeli AI czy współpracy międzyośrodkowej) musi odbywać się z zachowaniem najwyższych standardów bezpieczeństwa i zgodnie z obowiązującymi przepisami o ochronie danych, takimi jak RODO (GDPR) w Europie czy HIPAA w USA (Wang et al., 2025). Konieczne jest stosowanie odpowiednich technik anonimizacji lub pseudonimizacji danych oraz zapewnienie bezpiecznej infrastruktury IT.

Kolejny aspekt to stronniczość algorytmiczna (Bias). Jest to jedno z najważniejszych wyzwań etycznych. Modele AI mogą nieumyślnie uczyć się i utrzymywać istniejące w danych treningowych nierówności lub uprzedzenia (Kandhare et al., 2025). W tym względzie, na uwagę zasługuje stronniczość zbioru danych (Dataset bias). Jeśli dane treningowe nie są reprezentatywne dla całej populacji pacjentów (np. z powodu niedostatecznej reprezentacji określonych grup rasowych, etnicznych, płciowych, wiekowych, czy też rzadkich typów nowotworów), wytrenowany model może działać gorzej dla tych niedostatecznie reprezentowanych grup (Kumar et al., 2024). Warto również wspomnieć o stronniczości

demograficznej (np. rasowej). Badania wykazały, że nawet cechy radiomiczne, uważane za obiektywne miary ilościowe, mogą zawierać ukryte informacje o rasie pacjenta. Modele trenowane na danych niezbalansowanych rasowo mogą wykazywać gorszą wydajność dla grup mniejszościowych, co zaobserwowano np. w predykcji podtypu molekularnego raka piersi na podstawie obrazów DCE-MRI (Huti et al., 2024).

Rozwiązania polegające na łagodzeniu stronniczości algorytmicznej obejmują staranne konstruowanie zróżnicowanych i reprezentatywnych zbiorów danych treningowych, stosowanie technik augmentacji danych, a także rozwój algorytmów świadomych sprawiedliwości (fairness-aware AI), które aktywnie dążą do minimalizacji różnic w wydajności między grupami. Obiecującą techniką jest również generowanie danych syntetycznych za pomocą modeli takich jak GAN, aby sztucznie zrównoważyć zbiory danych lub stworzyć dane dla rzadkich przypadków, chroniąc jednocześnie prywatność pacjentów (Hameed et al., 2023). Należy jednak pamiętać, że jakość danych syntetycznych jest silnie zależna od jakości danych wejściowych i metody generacji, a samo generowanie danych może być obciążone własnymi ograniczeniami i potencjalnymi źródłami stronniczości (Hameed et al., 2023).

NAWIGACJA PO ŚCIEŻCE INTEGRACJI KLINICZNEJ

Skuteczne wdrożenie AI wymaga płynnej integracji z istniejącą infrastrukturą informatyczną szpitala lub laboratorium, w tym z systemami LIS i PACS (Kłopotowski et al., 2023). Niezbędne jest zapewnienie interoperacyjności, czyli zdolności do wymiany danych między różnymi systemami, często poprzez stosowanie standardów takich jak HL7 i DICOM (Kłopotowski et al., 2023). Ważne jest również zdefiniowanie jasnych protokołów użytkowania narzędzi AI w ramach rutynowego przepływu pracy, w tym określenie roli patomorfologa w procesie weryfikacji wyników AI i podejmowania ostatecznej decyzji diagnostycznej, która zawsze powinna należeć do lekarza (Kłopotowski et al., 2023). Analiza wyzwań implementacyjnych ujawnia ich wzajemne powiązania. Na przykład, problem zmienności barwienia jest bezpośrednio związany z generalizowalnością modeli – algorytm, który nie potrafi sobie poradzić z różnicami w barwieniu, będzie miał ograniczoną zdolność do poprawnego działania na danych z różnych źródeł (Lin et al., 2025). Jeśli ta zmienność barwienia koreluje z czynnikami demograficznymi (np. różne laboratoria obsługujące różne populacje), może to prowadzić do stronniczości algorytmicznej (Huti et al., 2024). Z kolei brak

interpretabilności („czarna skrzynka”) utrudnia diagnozowanie przyczyn słabej wydajności modelu – czy wynika ona z problemów z danymi, stroniczości, czy błędów w samej architekturze modelu (Wang et al., 2025). Skuteczne rozwiązanie jednego wyzwania często wymaga uwzględnienia pozostałych. Dążenie do tworzenia coraz dokładniejszych i bardziej zaawansowanych modeli AI, zwłaszcza tych opartych na głębokim uczeniu, generuje również ukryte koszty. Rosnące wymagania dotyczące ilości i jakości danych treningowych, potrzeba dostępu do dużej mocy obliczeniowej (zwłaszcza GPU) do trenowania i inferencji, a także złożoność procesów walidacji i certyfikacji regulacyjnej stwarzają znaczące bariery finansowe i organizacyjne (American Pharmaceutical Review, 2025). Może to ograniczać dostępność najnowocześniejszych rozwiązań AI głównie do dużych, dobrze finansowanych ośrodków akademickich lub komercyjnych, potencjalnie pogłębiając różnice w jakości diagnostyki między różnymi placówkami. Wreszcie, pojawia się swoisty paradoks zaufania. Chociaż algorytmy AI mogą oferować większą obiektywność i spójność w porównaniu do ludzkiej oceny w niektórych zadaniach (Wang et al., 2025), budowanie zaufania do tych systemów wśród klinicystów i pacjentów jest procesem złożonym i nieoczywistym. Samo wykazanie statystycznej przewagi AI może nie wystarczyć. Lekarze potrzebują pewności co do niezawodności algorytmów, zrozumienia (przynajmniej na pewnym poziomie) ich działania oraz jasnych ram odpowiedzialności w przypadku błędów (Wang et al., 2025). Pacjenci mogą mieć obawy dotyczące prywatności swoich danych i wpływu AI na relację z lekarzem. Dlatego, oprócz rozwoju samej technologii, kluczowe stają się inwestycje w wyjaśnialność AI (XAI), edukację użytkowników, tworzenie odpowiednich regulacji prawnych i etycznych oraz otwarty dialog na temat roli i ograniczeń AI w medycynie (Wang et al., 2025).

Tabela 3. Główne Wyzwania we Wdrażaniu AI w Patomorfologii i Strategie Łagodzące

Obszar Wyzwania	Opis Wyzwania	Wpływ na Patomorfologię	Potencjalne Strategie Łagodzące/Rozwiązania
Zmienność Danych / Problemy z Barwieniem	Różnice w przygotowaniu preparatów, odczynnikach, skanerach prowadzą do zmienności kolorystycznej WSI.	Obniżona wydajność i generalizowalność modeli AI, ryzyko błędnej interpretacji różnic kolorystycznych.	Techniki normalizacji barwienia (tradycyjne: Macenko, Vahadane; oparte na DL: GANs), standaryzacja protokołów przygotowania i skanowania, augmentacja danych uwzględniająca zmienność.
Interpretabilność Modelu / Problem „Czarnej Skrzynki”	Trudność w zrozumieniu, jak modele DL (zwłaszcza CNN, ViT) podejmują decyzje.	Brak zaufania klinicystów, trudności w identyfikacji błędów i stroniczości modelu, bariera w adopcji klinicznej.	Rozwój i stosowanie metod Wyjaśnialnej AI (XAI) (mapy istotności, CAMs, LRP, SHAP), projektowanie modeli bardziej transparentnych „by design”.

Stronniczość Algoritmiczna (Dataset & Demographic Bias)	Nierówna reprezentacja grup (demograficznych, typów nowotworów) w danych treningowych; ukryte korelacje cech z atrybutami chronionymi (np. rasa).	Gorsza wydajność modeli dla grup niedostatecznie reprezentowanych, utrwalanie nierówności zdrowotnych, błędne diagnozy/prognozy.	Kuratorowanie zróżnicowanych i reprezentatywnych zbiorów danych, techniki generowania danych syntetycznych (GANs, SMOTE), algorytmy świadome sprawiedliwości (fairness-aware AI), audyt modeli pod kątem stronniczości.
Wymagania Regulacyjne i Walidacja	Konieczność certyfikacji AI jako wyrobu medycznego (MDR, FDA); potrzeba rygorystycznej walidacji klinicznej i zewnętrznej.	Długi i kosztowny proces wdrażania AI do praktyki, bariery dla innowacji, niepewność prawna.	Jasne wytyczne regulacyjne dla AI w medycynie, standaryzowane protokoły walidacji, współpraca między twórcami AI, klinicystami i regulatorami, walidacja wewnętrzna przez użytkowników.
Prywatność i Bezpieczeństwo Danych	Wykorzystanie wrażliwych danych pacjentów w treningu i działaniu AI.	Ryzyko naruszenia prywatności, konieczność zgodności z RODO/HIPAA, obawy pacjentów.	Rygorystyczne środki ochrony danych (anonimizacja, pseudonimizacja), bezpieczna infrastruktura IT, techniki uczenia chroniące prywatność (np. uczenie federacyjne), transparentność wobec pacjentów.
Jakość i Dostępność Danych	Potrzeba dużych, wysokiej jakości, dobrze anotowanych zbiorów danych WSI.	Koszt i czasochłonność tworzenia zbiorów danych, ograniczenia w dostępności danych dla rzadkich chorób, bariera dla mniejszych ośrodków.	Współdzielenie danych (z zachowaniem prywatności), platformy do adnotacji kolaboracyjnej, techniki uczenia słabo nadzorowanego lub nienadzorowanego, generowanie danych syntetycznych.

PRZYSZŁA TRAJEKTORIA AI W PATOMORFOLOGII

Dziedzina AI w patomorfologii rozwija się niezwykle dynamicznie, a obecne trendy i badania naukowe wskazują na kilka kluczowych kierunków przyszłego rozwoju.

Przyszłość diagnostyki i prognostyki w patologii leży w integracji informacji z wielu źródeł. Obserwuje się rosnące zainteresowanie modelami AI, które potrafią łączyć dane pochodzące z obrazów histopatologicznych (WSI) z danymi radiologicznymi (np. MRI, CT), genomicznymi (sekwencjonowanie DNA/RNA), proteomicznymi (analiza białek) oraz klinicznymi (historia choroby, wyniki badań laboratoryjnych) (Wang et al., 2025). Takie podejście multimodalne pozwala na uzyskanie bardziej holistycznego obrazu choroby na różnych poziomach – od molekularnego po tkankowy i całego organizmu – co może prowadzić do znacznie dokładniejszych diagnoz, predykcji i bardziej spersonalizowanych strategii terapeutycznych.

Jednym z głównych ograniczeń w rozwoju AI jest potrzeba dostępu do dużych i zróżnicowanych zbiorów danych, przy jednoczesnej konieczności ochrony prywatności pacjentów. Uczenie federacyjne oferuje rozwiązanie tego problemu, umożliwiając trenowanie modeli AI na danych rozproszonych w wielu instytucjach bez konieczności ich centralizacji. Model jest wysyłany do poszczególnych ośrodków, trenowany lokalnie na ich danych, a następnie tylko zaktualizowane parametry modelu (a nie same dane) są agregowane centralnie. Pozwala to na budowanie stabilnych i generalizowalnych modeli przy jednoczesnym zachowaniu kontroli nad danymi przez poszczególne placówki.

W miarę rozwoju technologii AI i jej wdrażania do praktyki klinicznej, coraz większego znaczenia nabiera zarządzanie cyklem życia modeli AI. MLOps (operacjonalizacja uczenia maszynowego) to zestaw praktyk łączących uczenie maszynowe, inżynierię oprogramowania i operacje IT, mających na celu usprawnienie i automatyzację procesów budowy, wdrażania, monitorowania i utrzymania modeli ML w środowisku produkcyjnym (Hanna et al., 2025). W kontekście medycznym oznacza to m.in. zapewnienie ciągłego monitorowania wydajności modeli AI w czasie rzeczywistym, mechanizmów ich aktualizacji (np. w odpowiedzi na nowe dane lub zmiany w praktyce klinicznej) oraz regularnej ponownej walidacji, aby zagwarantować ich niezawodność i bezpieczeństwo.

AI stwarza również nowe możliwości w zakresie szkolenia przyszłych i obecnych patomorfologów. Mogą powstawać zaawansowane symulatory diagnostyczne oparte na AI, które oferują interaktywne scenariusze przypadków klinicznych, dostarczają informacji zwrotnych w czasie rzeczywistym i pozwalają na doskonalenie umiejętności rozpoznawania złożonych wzorców histopatologicznych w bezpiecznym środowisku wirtualnym (Hanna et al., 2025).

Należy również wspomnieć o diagnostyce wspomaganej AI w czasie rzeczywistym. Dąży się do rozwoju systemów AI, które będą mogły dostarczać wyniki analizy niemal natychmiast, co jest szczególnie istotne w sytuacjach wymagających szybkich decyzji, takich jak badania śródoperacyjne (np. ocena marginesów chirurgicznych) (Wang et al., 2025). Integracja AI z mikroskopią w czasie rzeczywistym lub szybkimi systemami skanowania może zrewolucjonizować niektóre aspekty diagnostyki patomorfologicznej.

Biorąc pod uwagę kierunki rozwoju patomorfologii na szczególną uwagę zasługuje zastosowanie AI w regionach o ograniczonych zasobach. Istnieje rosnąca świadomość potrzeby demokratyzacji dostępu do zaawansowanej diagnostyki patomorfologicznej. Rozwijane są rozwiązania AI i DP (Digital Pathology) dostosowane do warunków panujących w krajach o niskich i średnich dochodach

(LMICs). Obejmuje to tworzenie tańszych metod digitalizacji obrazów (np. wykorzystanie wysokiej jakości kamer montowanych na standardowych mikroskopach zamiast drogich skanerów WSI), rozwój oprogramowania open-source do analizy obrazów oraz algorytmów AI zoptymalizowanych pod kątem działania na mniej wydajnym sprzęcie (Talat et al., 2023). Celem jest zmniejszenie globalnych dysproporcji w dostępie do szybkiej i dokładnej diagnostyki nowotworowej.

ZAKOŃCZENIE

Uczenie maszynowe posiada ogromny potencjał transformacji dziedziny patomorfologii, oferując narzędzia zdolne do usprawnienia diagnostyki, zwiększenia jej obiektywności oraz odkrywania nowych, istotnych klinicznie informacji z obrazów histopatologicznych. Przedstawione zastosowania, od automatyzacji wykrywania nowotworów po predykcję odpowiedzi na leczenie, podkreślają szerokie możliwości implementacji AI w codziennej praktyce i badaniach naukowych. Jednakże, aby w pełni wykorzystać te możliwości, konieczne jest przezwyciężenie istotnych wyzwań. Zapewnienie wysokiej jakości danych, standaryzacja procesów, rygorystyczna walidacja modeli oraz rozwój interpretabilnych systemów AI (XAI) są kluczowe dla budowania zaufania i bezpiecznego wdrażania tych technologii. Równie ważne jest adresowanie kwestii etycznych, w tym ochrony prywatności danych pacjentów i minimalizacji ryzyka stronniczości algorytmicznej, aby zapewnić sprawiedliwy dostęp do korzyści płynących z AI. Przyszłość AI w patomorfologii rysuje się w kierunku systemów multimodalnych, integrujących różnorodne dane pacjenta, oraz rozwiązań wspieranych przez uczenie federacyjne i zaawansowane praktyki MLOps. Dalszy rozwój i rozważne wdrażanie AI, przy ścisłej współpracy między badaczami, klinicystami i regulatorami, mogą znacząco przyczynić się do postępu w medycynie precyzyjnej i poprawy opieki nad pacjentami.

LITERATURA

The image was upload in software, the software was given 1000 times iteration for segmenting tumor region from background using deep learning. ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/The-image-was-upload-in-software-the-software-was-given-1000-times-iteration-for_fig2_370868987 (dostęp: 12.05.2025).

- Chauhan Ch., Gallapalli R.R. (2025), Ethics of AI in pathology: Current paradigms and emerging issues. [Online]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/387626758_Ethics_of_AI_in_pathology_Current_paradigms_and_emerging_issues (dostęp: 12.05.2025).
- American Pharmaceutical Review. (2025). Medicine Gets an Upgrade: How AI and ML are Reshaping Medical Practice. [Online]. <https://www.americanpharmaceuticalreview.com/Featured-Articles/618227-Medicine-Gets-an-Upgrade-How-AI-and-ML-are-Reshaping-Medical-Practice/> (dostęp: 12.05.2025).
- Pańkowska, M., Żytniewski, M., Kozak, M., Tomaszek, K., & Spinczyk, D. (2024). Pathomorphological Diagnosis Process Modeling for Machine Learning Algorithms' Applying. W: M. Bolanowski, M. Ganzha, L. Maciaszek, M. Paprzycki, D. Ślęzak (red.), Proceedings of the 19th Conference on Computer Science and Intelligence Systems (FedCSIS). ACSIS, Vol. 39, s. 237–242. DOI: <http://dx.doi.org/10.15439/2024F8289>. https://annals-csis.org/Volume_39/drp/8289.html (dostęp: 12.05.2025).
- Pytlarz, M., Wojnicki, K., Pilanc, P., Kaminska, B., & Crimi, A. (2024). Deep Learning Glioma Grading with the Tumor Microenvironment Analysis Protocol for Comprehensive Learning, Discovering, and Quantifying Microenvironmental Features. *Journal of Imaging Informatics in Medicine*, 37(4), 1711–1727. DOI: 10.1007/s10278-024-01008-x. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11573951/> (dostęp: 12.05.2025).
- Huti, M., Lee, T., Sawyer, E., & King, A. P. (2023). An Investigation into Race Bias in Random Forest Models Based on Breast DCE-MRI Derived Radiomics Features. *Clin Image Based Proced Fairness AI Med Imaging Ethical Philos Issues Med Imaging* (2023), 14242, 225–234. DOI: 10.1007/978-3-031-45249-9_22. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7616589/> (dostęp: 12.05.2025).
- Madusanka, N., Jayalath, P., Fernando, D., Yasakethu, L., & Lee, B.-I. (2023). Impact of H&E Stain Normalization on Deep Learning Models in Cancer Image Classification: Performance, Complexity, and Trade-Offs. *Cancers (Basel)*, 15(16), 4144. DOI: 10.3390/cancers15164144. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10452714/> (dostęp: 12.05.2025).

- Lin, S., Zhou, H., Cote, R. J., Watson, M., Govindan, R., & Yang, C. (2025). Impact of Stain Variation and Color Normalization for Prognostic Predictions in Pathology. *Scientific Reports*, 15, Article 1132. DOI: 10.1038/s41598-024-83267-w. https://www.researchgate.net/publication/384289289_Impact_of_stain_variation_and_color_normalization_for_prognostic_predictions_in_pathology (dostęp: 24.05.2025).
- Hu, X. (2025). A Deep Learning Approach for Augmenting Perceptual Understanding of Histopathology Images. arXiv:2503.06894 [cs.CV]. <https://arxiv.org/abs/2503.06894> (dostęp: 12.05.2025).
- Innowise. (2025). Sztuczna inteligencja w opiece zdrowotnej: transformacyjna technologia dla Twojej firmy. <https://innowise.com/pl/blog/artificial-intelligence-healthcare/> (dostęp: 12.05.2025).
- Vinay, V., Jodalli, P., Chavan, M. S., Buddhikot, C. S., Luke, A. M., Ingafo, M. S. H., Reda, R., Pawar, A. M., & Testarelli, L. (2025). Artificial Intelligence in Oral Cancer: A Comprehensive Scoping Review of Diagnostic and Prognostic Applications. *Diagnostics (Basel)*, 15(3), 280. DOI: 10.3390/diagnostics15030280. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11816433/> (dostęp: 12.05.2025).
- Salo, I., Nordlund, L., Eklund, L., Ho, J., Soini, M., & Kumar, D. (2024). Advancements and applications of AI technologies in pathology: a scoping review. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*. DOI: 10.1080/21681163.2024.2396595. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21681163.2024.2396595> (dostęp: 12.05.2025).
- Kumar, A., (2024). AI in Digital Pathology: Automated Histopathological Analysis for Cancer Grading and Prognostic Outcome Prediction. *BioTech*, 13(2), 15. https://www.researchgate.net/publication/389988213_AI_in_Digital_Pathology_Automated_Histopathological_Analysis_for_Cancer_Grading_and_Prognostic_Outcome_Prediction (dostęp: 12.05.2025).
- Kłopotowski, M., Dzieciół, J. i Kozłowski, W. (2023). Cyfryzacja i sztuczna inteligencja jako nowe narzędzia w patomorfologii – czy jesteśmy gotowi na zmiany?. *Biuletyn Polskiego Towarzystwa Onkologicznego Nowotwory*, 8(1), s. 35-41. https://journals.viamedica.pl/biuletyn_pto/article/download/105619/82270 (dostęp: 12.05.2025).

- Tsai, M.-J., & Tao, Y.-H. (2022). Deep Learning Technology Applied to Medical Image Tissue Classification. *Diagnostics* (Basel), 12(10), 2430. DOI: 10.3390/diagnostics12102430. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9600639/> (dostęp: 12.05.2025).
- Leica Microsystems. (2025). Using Machine Learning in Microscopy Image Analysis | Learn <https://www.leica-microsystems.com/science-lab/life-science/using-machine-learning-in-microscopy-image-analysis/> (dostęp: 12.05.2025).
- Madabhushi, A. i Lee, G. (2016). Image analysis and machine learning in digital pathology: Challenges and opportunities. *Medical Image Analysis*, 33, s. 170–175. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5556681/> (dostęp: 12.05.2025).
- Kandhare, P., Kurlekar, M., Deshpande, T., & Pawar, A. (2025). A Review on Revolutionizing Healthcare Technologies with AI and ML Applications in Pharmaceutical Sciences. *Healthcare Analytics*, 4(1), 9. <https://www.mdpi.com/2813-2998/4/1/9> (dostęp: 12.05.2025).
- Matsuzaka, Y., & Yashiro, R. (2025). The Diagnostic Classification of the Pathological Image Using Computer Vision. *Algorithms*, 18(2), 96. DOI: 10.3390/a18020096. <https://www.mdpi.com/1999-4893/18/2/96> (dostęp: 12.05.2025).
- Xu, C., Sun, Y., Zhang, Y., Liu, T., Wang, X., Hu, D., Huang, S., Li, J., Zhang, F., & Li, G. (2025). Stain Normalization of Histopathological Images Based on Deep Learning: A Review. *Diagnostics*, 15(8), 1032. <https://www.mdpi.com/2075-4418/15/8/1032> (dostęp: 12.05.2025).
- Simmat, C., Guichard, L., Sockeel, S., Pozin, N., Peyret, R., Lacroix-Triki, M., Miquel, C., Gauthier, A., Sockeel, M., & Prévot, S. (2025). Evaluating AI-Based Mitosis Detection for Breast Carcinoma in Digital Pathology: A Clinical Study on Routine Practice Integration. *Diagnostics*, 15(9), 1127. <https://www.mdpi.com/2075-4418/15/9/1127> (dostęp: 12.05.2025).
- Chia, J. L. L., He, G. S., Ngiam, K. Y., Hartman, M., Ng, Q. X., & Goh, S. S. N. (2025). Harnessing Artificial Intelligence to Enhance Global Breast Cancer Care: A Scoping Review of Applications, Outcomes, and Challenges. *Cancers*, 17(2), 197. <https://www.mdpi.com/2072-6694/17/2/197> (dostęp: 12.05.2025).

- Hameed, M. A. S., Qureshi, A. M., & Kaushik, A. (2024). Bias Mitigation via Synthetic Data Generation: A Review. *Electronics*, 13(19), 3909. DOI: 10.3390/electronics13193909. https://www.researchgate.net/publication/384592110_Bias_Mitigation_via_Synthetic_Data_Generation_A_Review (dostęp: 12.05.2025).
- PostDicom. (2024). 5 Korzyści ze sztucznej inteligencji w opiece zdrowotnej. [Online]. <https://www.postdicom.com/pl/blog/benefits-of-artificial-intelligence-in-healthcare> (dostęp: 12.05.2025).
- Hanna, M. G., Pantanowitz, L., Dash, R., Harrison, J. H., Deebajah, M., Pantanowitz, J., & Hanna, H. H. (2025). Future of Artificial Intelligence-Machine Learning Trends in Pathology and Medicine. *Modern Pathology*, 38(4), 100705. DOI: 10.1016/j.modpat.2025.100705. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39761872/> (dostęp: 12.05.2025).
- Park, S.-y., Ayana, G., Wako, B. D., Jeong, K. C., Yoon, S.-D., & Choe, S.-W. (2025). Vision Transformers for Low-Quality Histopathological Images: A Case Study on Squamous Cell Carcinoma Margin Classification. *Diagnostics (Basel)*, 15(3), 260. DOI: 10.3390/diagnostics15030260. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11817517/> (dostęp: 12.05.2025).
- Ma, Y., Jamdade, S., Konduri, L., & Sailem, H. (2025). AI in Histopathology Explorer for comprehensive analysis of the evolving AI landscape in histopathology. *NPJ Digital Medicine*, 8, 156. DOI: 10.1038/s41746-025-01524-2. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11904230/> (dostęp: 12.05.2025).
- Tiwari, A., Ghose, A., Hasanova, M., Faria, S. S., Mohapatra, S., Adeleke, S., & Boussios, S. (2025). The current landscape of artificial intelligence in computational histopathology for cancer diagnosis. *Discover Oncology*, 16, 438. DOI: 10.1007/s12672-025-02212-z. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11961855/> (dostęp: 12.05.2025).
- Flach, R., Fransen, N. L., Sonnen, A. F. P., & Nguyen, T. Q. (2022). Implementation of Artificial Intelligence in Diagnostic Practice as a Next Step after Going Digital: The UMC Utrecht Perspective. *Diagnostics (Basel)*, 12(5), 1042. DOI: 10.3390/diagnostics12051042. https://www.researchgate.net/publication/360152558_Implementation_of_Artificial_

Intelligence_in_Diagnostic_Practice_as_a_Next_Step_after_Going_Digital_The_UMC_Utrecht_Perspective (dostęp: 12.05.2025).

- Wang, J., Wang, T., Han, R., Shi, D. i Chen, B. (2025). Artificial intelligence in cancer pathology: Applications, challenges, and future directions. *CytoJournal*, 22, 45. <https://cytojournal.com/artificial-intelligence-in-cancer-pathology-applications-challenges-and-future-directions/> (dostęp: 12.05.2025).
- Ahmed, A. A., Fawi, M., Brychcy, A., Abouzid, M., Witt, M., & Kaczmarek, E. (2024). Development and Validation of a Deep Learning Model for Histopathological Slide Analysis in Lung Cancer Diagnosis. *Cancers (Basel)*, 16(8), 1506. DOI: 10.3390/cancers16081506. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11048051/> (dostęp: 12.05.2025).
- Talat, Z., Parwani, A., Abdul-Ghafar, J., & Ahmad, Z. (2023). A suggested way forward for adoption of AI-Enabled digital pathology in low resource organizations in the developing world. *Diagnostic Pathology*, 18(1). DOI: 10.1186/s13000-023-01352-6. https://www.researchgate.net/publication/370868987_A_suggested_way_forward_for_adoption_of_AI-Enabled_digital_pathology_in_low_resource_organizations_in_the_developing_world (dostęp: 12.05.2025).

APPLICATIONS, CHALLENGES, AND PERSPECTIVES OF MACHINE LEARNING IN DIGITAL PATHOMORPHOLOGY

Abstract: This article provides a comprehensive analysis of machine learning (ML) applications in the field of pathomorphology, focusing on key use cases such as automated cancer detection and classification, precise tumor grading and staging, advanced cell and tissue segmentation, quantitative analysis, and prognostic prediction. It also discusses critical implementation aspects, including data quality, stain variation management, model validation, the „black box” problem, and ethical dimensions related to data privacy and algorithmic bias. The final part of the article outlines future directions for AI development in pathomorphology, such as multimodal AI, federated learning, and machine learning operationalization (MLOps).

Keywords: Machine learning, pathomorphology, digital pathology, artificial intelligence, cancer diagnostics, image analysis, implementation challenges, AI ethics.

MICHAŁ KUROŃ

Klinika Psychiatrii, Stresu Bojowego i Psychotraumatologii, Wojskowy
Instytut Medyczny – Państwowy Instytut Badawczy

PAULINA SZYMANIK

Klinika Psychiatrii, Stresu Bojowego i Psychotraumatologii, Wojskowy
Instytut Medyczny – Państwowy Instytut Badawczy

SKALA KLINICZNA PTSD – KONSTRUKCJA I OCENA POLSKIEGO NARZĘDZIA DIAGNOSTYCZNEGO ZGODNEGO Z KLASYFIKACJAMI ICD-11 I DSM-5¹

Streszczenie: Celem badania było opracowanie i walidacja Skali Klinicznej PTSD, służącej do diagnozy i pomiaru nasilenia PTSD zgodnie z klasyfikacjami ICD-11 i DSM-5. Narzędzie zostało zaprojektowane z myślą o specyfice polskiej populacji. Celem badania było stworzenie rzetelnego i użytecznego narzędzia wspierającego rozpoznanie zaburzenia stresowego pourazowego oraz monitorowania przebiegu jego leczenia. Skala Kliniczna PTSD została poddana ocenie pod względem trafności i zgodności z rozpoznaniem klinicznym oraz porównana z istniejącymi międzynarodowymi metodami diagnostycznymi. Uzyskane wyniki wskazują na jej wysoką użyteczność zarówno w diagnostyce różnicowej, jak i w codziennej pracy terapeutycznej. Może ona stanowić istotne wsparcie dla psychologów i psychiatrów w praktyce diagnostycznej, badawczej i orzeczniczej. Jest to pierwsze tego typu narzędzie stworzone w Polsce – praktyczne, empirycznie zweryfikowane i dobrze ugruntowane w praktyce klinicznej.

Słowa kluczowe: PTSD, diagnoza kliniczna, psychiatria sądowa, skala oceny.

¹ Otrzymano: 4 grudnia 2024 roku.

WPROWADZENIE

Zaburzenia stresowe pourazowe (PTSD) to spektrum objawów, które mogą wystąpić w reakcji na przeżycie sytuacji zagrażających życiu lub zdrowiu. Jest to jedna z możliwych konsekwencji psychologicznych u osób, które przeżyły traumatyczne wydarzenia. W PTSD występują grupy objawów, takie jak unikanie bodźców przypominających traumatyczne wydarzenie, ponowne przeżywanie traumy oraz nadmierne pobudzenie. Uciążliwość ich występowania często powoduje upośledzenie funkcjonowania w sferze społecznej i zawodowej. Nieleczona PTSD może doprowadzić do pogorszenia się stanu zdrowia, a także wystąpienia innych zaburzeń psychicznych, takich jak zaburzenia lękowe, depresja, uzależnienia, choroby somatyczne, czy też zaburzenia osobowości (Zawadzki & Strelau, 2008).

Diagnozę PTSD można rozważać wówczas, kiedy jednostka doświadczyła ekstremalnej lub przewlekłej ekspozycji na szczególnie traumatyczne zdarzenie (Olff i in., 2025). Kryteria diagnostyczne zaburzenia stresowego pourazowego (PTSD), zawarte w klasyfikacji Amerykańskiego Towarzystwa Psychiatrycznego (APA) i opisane w wydaniu DSM-5-TR. Obejmują osiem kryteriów diagnostycznych, z których cztery odnoszą się bezpośrednio do objawów klinicznych. Kryteria te dotyczą osób dorosłych. PTSD według DSM-5-TR charakteryzuje się występowaniem czterech podstawowych grup objawów: (1) natrętnych, niechcianych wspomnień traumatycznego wydarzenia, koszmarów, retrospekcji i silnych reakcji emocjonalnych lub fizjologicznych na przypomnienia traumy (kryterium B); (2) unikania osób, miejsc, rozmów lub doznań związanych z traumą (kryterium C); (3) negatywnych zmian w poznaniu i nastroju, w tym zniekształconych przekonań na temat siebie lub świata, utrzymujących się negatywnych emocji, poczucia wyobcowania oraz ograniczonej zdolności do odczuwania pozytywnych emocji (kryterium D); (4) zmian w pobudzeniu i reaktywności, takich jak drażliwość, impulsywność, nadmierna czujność, przesadne reakcje przestachu, trudności ze snem i koncentracją (kryterium E) (American Psychiatric Association, 2022).

W klasyfikacji ICD-11, opracowanej przez Światową Organizację Zdrowia (WHO), PTSD zostało zdefiniowane jako odrębna jednostka diagnostyczna (kod: 6B40) w kategorii zaburzeń psychicznych, behawioralnych i neurorozwojowych. Kryteria rozpoznania są bardziej związane i skoncentrowane na objawach uznanych za kluczowe dla klinicznego obrazu PTSD, a sam model przyjmuje strukturę trójczynnika. Według ICD-11 rozpoznanie zaburzenia stresu pourazowego

można postawić, jeśli występują wszystkie z poniższych objawów, rozwijające się po narażeniu na wyjątkowo groźne lub przerażające zdarzenie:

Ponowne przeżywanie traumy w formie natrętnych wspomnień, retrospekcji, koszmarów lub silnych reakcji emocjonalnych i fizjologicznych na bodźce przypominające traumę. Unikanie myśli, wspomnień, miejsc, osób i innych przypomnień związanych z wydarzeniem traumatycznym. Utrwalone poczucie zagrożenia, wyrażające się w nadmiernej czujności, wzmożonym pobudzeniu i przesadnych reakcjach przestrochu.

Objawy muszą występować przez co najmniej kilka tygodni i wiązać się z istotnym upośledzeniem funkcjonowania w życiu osobistym, zawodowym lub społecznym (Światowa Organizacja Zdrowia, 2018). ICD-11 celowo ogranicza zakres objawów, odchodząc od szerszego ujęcia prezentowanego w DSM-5, aby zwiększyć przejrzystość i trafność kliniczną diagnozy.

Występowanie PTSD wiąże się z wieloma czynnikami, zarówno biologicznymi, jak i środowiskowymi. Ich złożoność oraz wzajemne oddziaływanie sprawiają, że nie istnieje jeden uniwersalny mechanizm prowadzący do rozwoju zaburzenia. Z tego względu kluczowe znaczenie ma indywidualizacja procesu diagnostycznego i terapeutycznego. Precyzyjna diagnoza powinna stanowić fundament doboru strategii leczenia, dostosowanej do specyfiki objawów, historii traumy oraz funkcjonowania pacjenta (Seah i in., 2025).

Zarówno diagnoza różnicowa, jak i ostateczne rozpoznanie zaburzenia stresowego pourazowego (PTSD) stanowią wyzwania diagnostyczne, obarczone istotnym ryzykiem błędu. Trudność ta wynika z konieczności uwzględnienia szerokiego zakresu zgłaszanych objawów, często współwystępujących zaburzeń psychicznych i somatycznych oraz oceny funkcjonowania pacjenta w życiu społecznym i zawodowym. W odpowiedzi na te trudności opracowano narzędzia diagnostyczne, w tym standaryzowane wywiady strukturalne, które umożliwiają systematyczne gromadzenie danych klinicznych. Choć ich stosowanie jest zalecane jako element dobrej praktyki diagnostycznej, nadal nie jest powszechnie wdrażane w praktyce klinicznej (Schincariol i in., 2024).

Jednym z rekomendowanych narzędzi do diagnozowania zaburzenia stresowego pourazowego (PTSD) jest SCID-I-PTSD – ustrukturyzowany wywiad kliniczny oparty na kryteriach DSM-IV. Polska wersja tego narzędzia, jak wykazali Zawadzki, Popiel i wsp. (2015), charakteryzuje się wysoką rzetelnością i trafnością diagnostyczną. SCID umożliwia pogłębioną ocenę objawów, wykazując wyższą specyficzność niż skale samoopisowe (Zawadzki i in., 2015).

Innym narzędziem stosowanym w diagnostyce zaburzenia stresowego pourazowego (PTSD) jest CAPS-5 (Clinician-Administered PTSD Scale for DSM-5), czyli wywiad kliniczny opracowany na podstawie kryteriów DSM-5. Umożliwia on ocenę nasilenia objawów PTSD w sposób ilościowy. Trafność i rzetelność CAPS-5 zostały potwierdzone w badaniach międzynarodowych, głównie prowadzonych w populacjach wysokiego ryzyka – takich jak ofiary wypadków czy funkcjonariusze służb mundurowych (Strelau i in., 2002).

CEL I ZAŁOŻENIA BADANIA

Z danych Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) wynika, że 3,9% światowej populacji spełniało w ciągu życia kryteria rozpoznania zaburzenia stresowego pourazowego (PTSD) (Kessler i in., 2017). Ze względu na złożoność obrazu klinicznego, rozpoznanie PTSD sprawia trudności diagnostyczne nawet doświadczonym klinicystom. W procesie diagnostycznym wsparciem dla nich mogą okazać się trafne i rzetelne narzędzia diagnostyczne, które ułatwiają rozpoznanie objawów oraz ocenę ich nasilenia. Dostępne w Polsce narzędzia są polską adaptacją narzędzi stosowanych w innych krajach, a co za tym idzie nie uwzględniają specyfiki polskiej populacji. Z doświadczenia klinicznego zespołu Kliniki Psychiatrii, Stresu Bojowego i Psychotraumatologii, Wojskowego Instytutu Medycznego – Państwowego Instytutu Badawczego wynika, iż potrzebne jest skuteczne, efektywne narzędzie do diagnozowania zaburzeń stresowych pourazowych, które jednocześnie byłoby przebadane na polskiej populacji, w odniesieniu do sytuacji społeczno-gospodarczej kraju. Opracowanie odpowiedniego narzędzia, stworzonego w Polsce i dostosowanego do polskich realiów, przyczyni się do bardziej efektywnego diagnozowania PTSD, a co za tym idzie, zapewniania lepszej opieki zdrowotnej pacjentów.

METODA

Badanie przeprowadzono na grupie 92 obywateli Polski, z których 82,6% miało postawioną diagnozę F43.1. Wszyscy pacjenci mieli powyżej 18 lat. W badaniu wzięły udział zarówno kobiety, jak i mężczyźni. Kryterium włączające do badania to narażenie na zdarzenie traumatyczne w okresie od 1 do 6 miesięcy od zdarzenia, nie dawniej niż 10 lat przed badaniem. Kryterium wyłączające to brak narażenia na zdarzenia traumatyczne lub narażenie na zdarzenie traumatyczne sprzed 10 lat. Badania przeprowadzono w okresie od kwietnia 2022 r.

do grudnia 2023 r., po uzyskaniu zgody Komisji Bioetycznej przy Wojskowej Izbie Lekarskiej (nr uchwały: 207/2022).

Każdy pacjent został przebadany dwukrotnie przez lekarza oraz przez dwóch psychologów. Psychologowie przeprowadzili diagnozę psychologiczną oraz badanie dwoma kwestionariuszami: CAPS- 5 oraz Skalą Klinikzną PTSD. Skala ta ma ułatwić lekarzom i psychologom diagnozę PTSD i stawiać ją bardziej precyzyjnie. Wydaje się to być istotne również w przypadku praktyków, którzy nie mają jeszcze dużego doświadczenia i wprawy w tym zakresie. Ustrukturyzowany wywiad daje możliwość także oceny dynamiki zmian w objawach między kolejnymi sesjami terapeutycznymi, czy po włączeniu leczenia farmakologicznego. Nie ma tu konkretnej skali, która określałaby stopień zaburzenia. Ustrukturyzowany wywiad porównano z CAPS- 5, który mimo powszechnego zastosowania, nie posiada polskiej normalizacji. Daje on zadowalające i konkurencyjne parametry diagnostyczne. Obecnie nie istnieje podobny test w Polsce.

Skala Klinikzna PTSD została opracowana na podstawie aktualnych kryteriów diagnostycznych ICD-11 i uzupełniona o kryteria diagnostyczne DSM-5. Autorzy przyjęli rozumienie traumy oparte na definicji Strelaua, opisującej to zjawisko jako „stan psychiczny lub fizyczny wywołany przez czynniki rzeczywiście zagrażające zdrowiu i życiu (pochodzenia naturalnego lub ludzkiego), często prowadzący do głębokich i trwałych zmian w funkcjonowaniu człowieka, przejawiających się w zaburzeniach somatycznych i psychicznych” (Zawadzki & Strelau, 2008).

Opracowana Skala Klinikzna PTSD służy zarówno do oceny obecności zaburzenia stresowego pourazowego (PTSD), jak i określenia nasilenia występujących objawów. Narzędzie to opiera się na ośmiu kryteriach diagnostycznych PTSD według DSM-5: Kryterium A – narażenie na traumatyczne zdarzenie, Kryterium B – ponowne przeżywanie (natrętne wspomnienia, koszmary senne, retrospekcje), Kryterium C – uporczywe unikanie bodźców związanych z traumą (myśli, uczuć, sytuacji), Kryterium D – negatywne zmiany w poznaniu i nastroju (np. poczucie winy, oderwania, zaburzenia pamięci), Kryterium E – objawy nadmiernego pobudzenia i reaktywności (np. drażliwość, bezsenność, nadmierna czujność), Kryterium F – czas trwania objawów (minimum jeden miesiąc), Kryterium G – klinicznie istotne zaburzenie funkcjonowania społecznego, zawodowego lub innych istotnych obszarów życia, Kryterium H – wykluczenie innych przyczyn objawów (np. działania substancji psychoaktywnych lub chorób somatycznych). Efektem przeprowadzonego badania jest narzędzie diagnostyczne, służące do rozpoznawania zaburzenia stresowego pourazowego (PTSD).

Jego zastosowanie przynosi wymierne korzyści usprawniając proces diagnostyczny. Opracowane w warunkach polskich narzędzie nie tylko uwzględnia specyfikę społeczno-kulturową populacji, ale zostało również empirycznie zweryfikowane na próbie polskich respondentów. Uzyskane wyniki mogą stanowić punkt wyjścia do dalszych prac nad diagnostyką innych zaburzeń psychicznych, zwłaszcza tych, których objawy nakładają się na symptomy PTSD.

ANALIZA DANYCH

Charakterystyka próby

W badaniu wzięło udział 92 badanych w wieku od 19 do 64 lat ($M = 36,22$; $SD = 10,35$). Rozkład płci w próbie był proporcjonalny – 50% stanowili mężczyźni i 50% kobiety. Najliczniejszą grupę stanowiły osoby z wykształceniem wyższym. Początkowa diagnoza F43.1 występowała u 82,6% badanych. W diagnozie końcowej PTSD zdiagnozowano u 43,5% badanych. W pozostałych przypadkach były to zaburzenia adaptacyjne, osobowości lub inne (np. schizofrenia, uzależnienia). Szczegółową charakterystykę badanej próby przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka próby ($N = 92$)

Zmienna	N (%)
Płeć	
Mężczyźni	46 (50,0%)
Kobiety	46 (50,0%)
Wykształcenie	
Podstawowe	2 (2,2%)
Średnie	44 (47,8%)
Wyższe	46 (50,0%)
Diagnoza wstępna (na skierowaniu)	
F43.1	76 (82,6%)
Inne	16 (17,4%)
Diagnoza końcowa	
PTSD	40 (43,5%)
Zaburzenia adaptacyjne	21 (22,8%)
Zaburzenia osobowości	24 (26,1%)
Inne	7 (7,6%)

Rzetelność Skali Klinicznej PTSD obliczono za pomocą współczynnika zgodności wewnętrznej α Cronbacha, ω McDonalda dla częstości występowania poszczególnych objawów oraz KR-20 dla odpowiedzi diagnostycznych vs. nie diagnostycznych. Dodatkowo przeprowadzono analizę korelacji wewnątrzklasowej ICC dla sumy objawów. W celu ustalenia trafności zbieżnej Skali Klinicznej PTSD przeprowadzono analizę korelacji r Pearsona z wymiarami kwestionariusza CAPS- 5 wykorzystując macierz wielu cech - wielu metod.

Dodatkowo, w celu ustalenia trafności kryterialnej porównano wyniki Skali Klinicznej PTSD osób z diagnozą lekarską ze skierowania za pomocą testu U Manna Whitney'ego oraz końcową diagnozą lekarską za pomocą testu H Kruskala Wallisa. Jako test post hoc wykonano test Dunn z korektą poziomu istotności Bonferroniego. Jako poziom istotności przyjęto $\alpha = 0,05$. Za pomocą współczynnika kappa Cohena (κ) oszacowano stopień zgodności między diagnozą lekarską a diagnozą PTSD na podstawie Skali Klinicznej PTSD.

Dla każdej podskali Skali Klinicznej PTSD określono prosty model Rascha. Pozycje wchodzące w skład skali zidentyfikowano w oparciu o kryteria dopasowania średniokwadratowego (χ^2/df) mierzone przez infit i outfit. Infit przedstawia odpowiedzi na pozycje o poziomie trudności zbliżonym do indywidualnego poziomu ekspozycji, natomiast outfit jest wrażliwy na występowanie obserwacji odstających od trudności indywidualnej. Jako akceptowalne progi dopasowania przyjęto wartości 0,5-1,5 (DiStefano, Greer, Dowdy, 2019). Wysokie średnie dopasowania kwadratowe były traktowane bardziej restrykcyjnie, gdyż bardziej zagrażają ogólnemu dopasowaniu (modelowanie losowości) niż niskie dopasowania kwadratowe (wskazujące na zbyt przewidywalne wartości). Interpretację miar dopasowania rozpoczynano każdorazowo od outfit, a następnie od infit.

Dla każdej podskali wykreślona została funkcja informacyjna testu, za pomocą której oszacowano precyzję testu w zakresie poziomów ekspozycji. Jako najbardziej optymalną dyskryminację ekspozycji na zdarzenia przyjęto szczyt ogólnej funkcji informacyjnej wokół wyników logitowych z przedziału 0-2, czyli dyskryminujących wyniki na poziomie umiarkowanym do wyższego.

Po optymalizacji opartej na dopasowaniu pozycji testowych do podskal, przeprowadzono testy globalne przy użyciu współczynnika prawdopodobieństwa (LR) Andersena. Do analiz wykorzystano końcową diagnozę lekarską (diagnoza PTSD vs. inne rozpoznanie). Gdy test LR okazał się statystycznie istotny, przeprowadzono dodatkowo test Walda, aby wskazać, dla jakich pozycji testowych występują różnice międzygrupowe.

Modelowanie Rascha przeprowadzono w języku R w wersji 4.0.3 przy

użyciu pakietu eRm (Mair, Hatzinger, 2007) i pakietu ltm (Rizopoulos, 2006), natomiast pozostałe obliczenia wykonano w programie IBM SPSS Statistics 29.0.

Wyniki

Analizę Rascha przeprowadzono dla ocen 0-1 (pozycja nie diagnostyczna vs. diagnostyczna) pozycji testowych dla wyróżnionych podskal (B, D, E i F). W analizach pominięto skalę C z dwoma pozycjami oraz skalę G, która określała stopień zadowolenia z różnych obszarów.

Podskala B

Początkowo skala ta obejmowała początkowo 5 pozycji i tyle też pozycji weszło do ostatecznej skali. Wartości średniokwadratowego dopasowania mieściły się w przedziale 0,72-1,39 (tabela 2). Pozycja B2 cechowała się najwyższymi wartościami Outfit i Infit, przy czym mieściły się one w ustalonym przedziale.

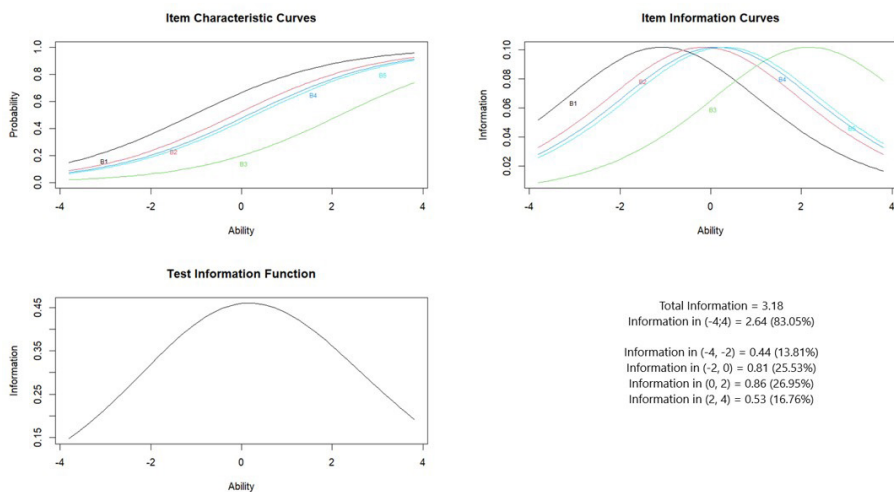
Test Andersena okazał się statystycznie nieistotny ($Z = 0,29$; $p = 0,592$), co oznacza brak różnic pod względem dopasowania modelu w porównywanych grupach wyróżnionych na podstawie diagnozy lekarskiej końcowej.

Funkcja informacyjna testu wykazała, że największy zakres informacji mieścił się dla wyników w przedziale wartości logitowych -2 a 2, co wskazuje na optymalną dyskryminację na umiarkowanym poziomie ekspozycji z 52,48% całkowitej informacji (wykres 1).

Tabela 2. Statystyki dopasowania pozycji dla skali B

Items	Item difficulty β (SE)	Outfit	Infit
B1	0,87 (0,21)	0,72	0,81
B2	0,27 (0,20)	1,39	1,26
B3	-1,20 (0,23)	0,77	0,85
B4	0,08 (0,20)	0,94	0,96
B5	-0,01 (0,20)	0,85	0,88

Wykres 1. Statystyki modelu Rascha dla Skali B



Podskala D

Skala ta obejmowała 7 pytań. Wartości średniokwadratowego dopasowania mieściły się w przedziale 0,71-1,36 (tabela 3). Najwyższe wartości Outfit i Infit odnotowano dla pozycji D3, przy czym mieściły się one w przyjętym zakresie.

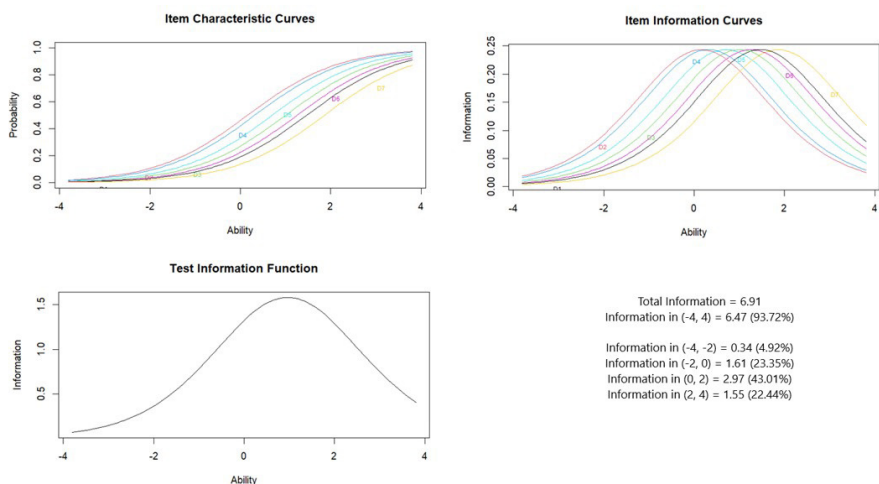
Test Andersena okazał się statystycznie nieistotny ($Z = 3,90$; $p = 0,690$), co oznacza brak różnic pod względem dopasowania modelu w porównywanych grupach wyróżnionych na podstawie diagnozy lekarskiej.

Funkcja informacyjna testu wykazała, że największy zakres informacji mieścił się dla wyników w przedziale wartości logitowych 0-2, co wskazuje na optymalną dyskryminację między umiarkowanym a wyższym poziomem ekspozycji z 43,01% całkowitej informacji (wykres2).

Tabela 3. Statystyki dopasowania pozycji dla skali D

Items	Item difficulty β (SE)	Outfit	Infit
D1	-0,49 (0,25)	1,14	1,03
D2	-0,80 (0,22)	1,03	1,02
D3	-0,03 (0,23)	1,36	1,31
D4	0,64 (0,22)	0,79	0,84
D5	0,26 (0,22)	0,93	0,94
D6	-0,28 (0,24)	0,71	0,81
D7	-0,89 (0,27)	0,89	0,86

Wykres 2. Statystyki modelu Rascha dla Skali D



Podskala E

Skala obejmowała początkowo 6 pozycji i tyle też pozycji weszło do ostatecznej skali. Dla pozycji E2 wartość Outfit przekraczała przyjęty próg, w związku z czym została ona wykluczona ze skali. Wartości średniokwadratowego dopasowania dla skali po redukcji itemów mieściły się w przedziale 0,72-1,32 (tabela 4).

Test Andersena okazał się statystycznie nieistotny ($Z = 5,54$; $p = 0,237$), co wskazuje na brak różnic pod względem dopasowania modelu w porównywalnych grupach (wyróżnionych na podstawie diagnozy lekarskiej).

Funkcja informacyjna testu wykazała, że największy zakres informacji mieścił się dla wyników w przedziale wartości logitowych 0-2, co wskazuje na optymalną dyskryminację między umiarkowanym a wyższym poziomem ekspozycji z 54,22% całkowitej informacji (wykres 3).

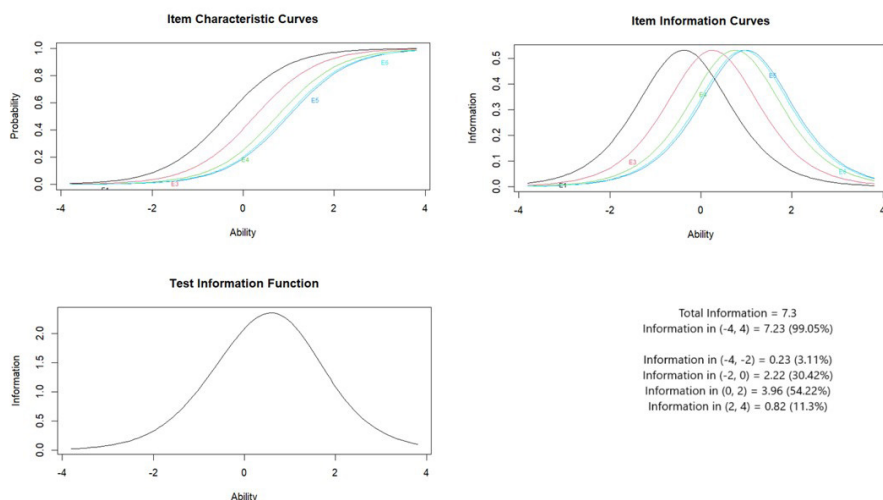
Tabela 4. Statystyki dopasowania pozycji dla skali E

Items	Item difficulty β (SE)	Outfit	Infit
Przed redukcją			
E1	1,38 (0,23)	1,12	0,99
E2	-1,02 (0,26)	1,83	1,30
E3	0,54 (0,22)	0,89	0,86
E4	-0,11 (0,23)	0,70	0,73
E5	-0,43 (0,24)	0,83	1,03
E6	-0,36 (0,23)	0,75	0,76

Po reedukacji

E1	1,32 (0,25)	1,10	1,07
E3	0,38 (0,23)	0,83	0,87
E4	-0,36 (0,24)	0,72	0,74
E5	-0,71 (0,24)	1,09	1,32
E6	-0,64 (0,24)	0,76	0,76

Wykres 3. Statystyki modelu Rascha dla Skali E



Rzetelność

W tabeli 5 przedstawiono wartości współczynników rzetelności (α Cronbacha oraz ω McDonalda dla częstości występowania poszczególnych objawów według kryteriów oraz KR-20 dla elementów zakodowanych 0-1). Analiza wykazała satysfakcjonujący poziom rzetelności dla skali C, G oraz łącznej liczby objawów. Ze względu na niski poziom rzetelności skal B, D i E dokonano redukcji elementów, które były negatywnie związane ze skalą. Po wykluczeniu problematycznych pozycji, rzetelność skal nieco wzrosła. W przypadku KR-20 przyjmowała akceptowalne wartości (Taber, 2018) dla wszystkich skal poza skalą B. W przypadku wywiadów ustrukturyzowanych dopuszcza się niższy poziom rzetelności poszczególnych podskal, jeśli rzetelność całego narzędzia jest satysfakcjonująca (Blouin, Day, Pavlov, 2011). Wysoka rzetelność skali łącznej w porównaniu do rzetelności poszczególnych podskal sugeruje, że warto brać pod uwagę wynik ogólny Skali Klinicznej PTSD – jest on bardziej wiarygodny niż interpretacja poszczególnych podskal.

Tabela 5. Rzetelność wymiarów Skali Klinicznej PTSD

Kryterium	Dane pełne			Dane po wykluczeniu		
	α Cronbacha	ω McDonalda	KR-20	α Cronbacha	ω McDonalda	KR-20
B	0,360	0,406	0,298	0,458	0,473	0,452
C	0,772	0,772	0,733	0,772	0,772	0,733
D	0,466	0,521	0,545	0,547	0,593	0,602
E	0,471	0,542	0,552	0,587	0,631	0,639
G	0,854	0,878	-	0,860	0,878	-
Liczba objawów (skale B, C, D, E, G)	0,778	0,785	-	0,818	0,822	-
Liczba objawów (Skale B, C, D i E)	0,819	0,790	0,811	0,814	0,818	0,834

W skali B wykluczono pozycję B2; W skali D wykluczono pozycję D3; W skali E wykluczono pozycję E2

Wartość współczynników korelacji wewnątrzklasowej dla sumy objawów ze Skali Klinicznej wyniósł ICC = 0,754. Przyjmując klasyfikację za Koo i Li (2016) wartości ICC plasowała się na satysfakcjonującym poziomie.

Trafność zbieżna i różnicowa – macierz wielu cech wielu metod (ang. MTMM matrix)

Za pomocą analizy korelacji rho Spearmana sprawdzono zbieżność wyników Skali Klinicznej PTSD z wynikami kwestionariusza CAPS-5 (tabela 6). Analiza wykazała silne, dodatnie korelacje między analogicznymi wymiarami Skali Klinicznej PTSD i CAPS- 5. Korelacje te plasowały się na poziomie od 0,85 do 1. Jednocześnie korelacje z innymi skalami były słabsze niż korelacje skal mierzących analogiczne wymiary. Potwierdza to zatem trafność zbieżną i różnicową narzędzia.

Tabela 6. Korelacje rho Spearmana między wynikami Skali Klinicznej PTSD i CAPS- 5

CAPS	PTSD								Deper- sonali- zacja	Dere- alizacja
	B	B ^A	C	D	D ^A	E	E ^A	G		
B	1,00**	0,88**	0,54**	0,51**	0,45**	0,62**	0,65**	0,15	-0,12	-0,09
C	0,54**	0,49**	1,00**	0,54**	0,47**	0,61**	0,64**	0,33**	-0,09	0,03
D	0,51**	0,47**	0,54**	1,00**	0,95**	0,67**	0,72**	0,02	0,10	0,05
E	0,62**	0,62**	0,61**	0,67**	0,61**	1,00**	0,93**	0,25*	0,02	0,06
G	0,09	0,20	0,25*	<0,01	-0,01	0,20	0,05	0,85**	0,12	0,08
Deper- sonali- zacja	-0,12	-0,09	-0,09	0,10	0,11	0,02	-0,03	0,13	1,00**	0,49**
Dere- alizacja	-0,09	-0,05	0,03	0,05	0,08	0,06	<0,01	0,08	0,49**	1,00**

*p < 0,05; **p < 0,01

^A – skale po wykluczeniu pozycji

PTSD a diagnoza lekarska ze skierowania

W tabeli 7 zaprezentowano wyniki analizy porównawczej osób z rozpoznaniem F43.1 oraz z innym rozpoznaniem pod względem wyników Skali Klinicznej PTSD. Analiza nie wykazała istotnych różnic między grupami dla skali B, E, G oraz depersonalizacji i derealizacji. Nasilenie występowania objawów było podobne niezależnie od postawionego wstępnie rozpoznania. Istotne różnice między grupami odnotowano dla skali C i D. Osoby z rozpoznaniem F43.1. uzyskiwały wyższe wyniki w tych skalach niż osoby z innym rozpoznaniem. Siła efektu dla różnic była słaba (dla skali D) lub umiarkowana (dla skali C).

Tabela 7. Porównanie osób z rozpoznaniem PTSD oraz innym pod względem wymiarów Skali Klinicznej PTSD

Zmienna zależna	Rozpoznanie ze skierowania								
	F43.1 (n = 76)				Inne (n = 16)				r
	średnia ranga	Me	IQR	średnia ranga	Me	IQR	Z	p	
PTSD_B	48,74	2,50	1,00	35,84	2,00	1,00	-1,80	0,071	0,19
PTSD_B*	48,80	2,00	2,00	35,56	1,00	1,00	-1,86	0,063	0,19
PTSD_C	50,07	2,00	2,00	29,53	0,00	1,00	-3,02	0,003	0,31
PTSD_D	49,53	2,00	2,00	32,13	1,00	2,00	-2,41	0,016	0,25
PTSD_D*	49,27	2,00	2,00	33,34	1,00	2,00	-2,21	0,027	0,23

PTSD_E	47,97	2,00	2,00	39,50	1,00	1,00	-1,19	0,232	0,12
PTSD_E*	48,54	2,00	2,75	36,81	1,00	1,00	-1,63	0,102	0,17
PTSD_G	45,38	9,00	7,00	51,81	9,00	3,75	-0,88	0,378	0,09
depersonalizacja	46,92	0,00	0,00	44,50	0,00	0,00	-0,93	0,351	0,10
derealizacja	46,92	0,00	0,00	44,50	0,00	0,00	-0,93	0,351	0,10

^A inne rozpoznanie: F43.2 oraz F41.3

*Skale po wykluczeniu pozycji

Wyniki Skali Klinicznej PTSD. Diagnoza i pomiar nasilenia PTSD zgodne z ICD-11 i DSM-5 dla lekarzy i psychologów, a diagnoza końcowa lekarska

W tabeli 8 przedstawiono wyniki analizy porównawczej pacjentów w zależności od końcowej diagnozy lekarskiej. Analiza wykazała istotne różnice między grupami dla kryterium B, C, D i E. Nie wykazano różnic w zakresie depersonalizacji i derealizacji oraz skali G.

Szczegółowa analiza post hoc testem Dunn z korektą poziomu istotności Bonferroniego wykazała, że osoby z diagnozą PTSD przejawiały istotnie wyższe wyniki w zakresie wszystkich kryteriów niż osoby z inną diagnozą końcową ($p < 0,001$). Pacjenci z rozpoznaniem zaburzeń osobowości, zaburzeń adaptacyjnych bądź innych (uzależnienia, zaburzeń lękowych, depresji, schizofrenii) nie różnili się między sobą pod względem omawianych kryteriów kwestionariusza ($p > 0,05$).

Tabela 8. Porównanie wymiarów Skali Klinicznej PTSD. Diagnoza i pomiar nasilenia PTSD zgodne z ICD-11 i DSM-5. ze względu na diagnozę końcową

Kryterium	Diagnoza	średnia ranga	Me	IQR	H(3)	p	η^2
PTSD_B	PTSD (n = 40)	65,90	3,00	1,00	39,43	<0,001	0,41
	zaburzenia osobowości (n = 21)	30,48	1,00	1,50			
	zaburzenia adaptacyjne (n = 24)	32,77	2,00	1,00			
	inne (n = 7)	30,79	2,00	1,00			
PTSD_B*	PTSD (n = 40)	65,95	3,00	1,00	40,24	<0,001	0,42
	zaburzenia osobowości (n = 21)	30,98	1,00	2,00			
	zaburzenia adaptacyjne (n = 24)	32,94	1,00	1,00			
	inne (n = 7)	28,43	1,00	2,00			

SKALA KLINICZNA PTSD – KONSTRUKCJA I OCENA POLSKIEGO NARZĘDZIA DIAGNOSTYCZNEGO...

PTSD_C	PTSD (n = 40)	69,21	2,00	0,00	60,58	<0,001	0,65
	zaburzenia osobowości (n = 21)	32,52	0,00	1,00			
	zaburzenia adaptacyjne (n = 24)	25,60	0,00	1,00			
	inne (n = 7)	30,29	1,00	1,00			
PTSD_D	PTSD (n = 40)	68,18	3,00	1,00	48,50	<0,001	0,52
	zaburzenia osobowości (n = 21)	30,83	1,00	2,00			
	zaburzenia adaptacyjne (n = 24)	29,63	1,00	1,75			
	inne (n = 7)	27,50	1,00	2,00			
PTSD_D*	PTSD (n = 40)	65,76	3,00	2,00	38,89	<0,001	0,41
	zaburzenia osobowości (n = 21)	32,64	1,00	2,00			
	zaburzenia adaptacyjne (n = 24)	32,75	1,00	2,00			
	inne (n = 7)	25,14	1,00	1,00			
PTSD_E	PTSD (n = 40)	68,53	3,00	0,00	51,83	<0,001	0,55
	zaburzenia osobowości (n = 21)	29,98	1,00	1,50			
	zaburzenia adaptacyjne (n = 24)	30,52	1,00	1,50			
	inne (n = 7)	25,00	1,00	1,00			
PTSD_E*	PTSD (n = 40)	70,25	3,00	1,75	59,31	<0,001	0,64
	zaburzenia osobowości (n = 21)	26,21	1,00	1,00			
	zaburzenia adaptacyjne (n = 24)	31,42	1,00	1,00			
	inne (n = 7)	23,36	1,00	1,00			
PTSD_G	PTSD (n = 40)	53,68	11,50	8,00	7,07	0,070	0,05
	zaburzenia osobowości (n = 21)	43,24	8,00	5,00			
	zaburzenia adaptacyjne (n = 24)	42,75	8,00	2,00			
	inne (n = 7)	28,14	8,00	6,00			

depersonalizacja	PTSD (n = 40)	45,64	0,00	0,00	6,71	0,082	0,04
	zaburzenia osobowości (n = 21)	51,10	0,00	0,00			
	zaburzenia adaptacyjne (n = 24)	44,50	0,00	0,00			
	inne (n = 7)	44,50	0,00	0,00			
derealizacja	PTSD (n = 40)	46,78	0,00	0,00	0,37	0,947	<0,01
	zaburzenia osobowości (n = 21)	46,76	0,00	0,00			
	zaburzenia adaptacyjne (n = 24)	46,40	0,00	0,00			
	inne (n = 7)	44,50	0,00	0,00			

Za pomocą współczynnika κ Cohena sprawdzono zgodność pomiędzy końcową diagnozą lekarską a wynikiem Skali Klinicznej PTSD klasyfikującym badanych na osoby cierpiące lub nie na PTSD. Analiza wykazała wysoką zgodność dwóch kryteriów $\kappa = 0,956$, co potwierdza trafność narzędzia.

Diagnoza PTSD na podstawie kwestionariusza CAPS- 5 i Skali Klinicznej PTSD

Za pomocą testu χ^2 niezależności sprawdzono czy istnieje związek między postawionym rozpoznaniem za pomocą kwestionariusza CAPS- 5 oraz rozpoznaniem postawionym za pomocą Skali Klinicznej PTSD . Analiza wykazała istotny związek pomiędzy postawioną diagnozą na podstawie obu kwestionariuszy, $\chi^2(1) = 84,16$; $p < 0,001$; $\phi = 0,96$. Odnotowano wysoką zgodność wyników obu skali. Osoby, którym postawiono diagnozę PTSD za pomocą kwestionariusza CAPS- 5 otrzymały taką samą diagnozę na podstawie Skali Klinicznej PTSD. Z kolei osoby, którym nie postawiono rozpoznania PTSD na podstawie wyniku CAPS- 5, nie otrzymały takiego rozpoznania również przy diagnozie Skali Klinicznej PTSD. Dla dwóch osób diagnoza była rozbieżna – w kwestionariuszu CAPS- 5 osoby te otrzymały pozytywną diagnozę PTSD, natomiast nie otrzymały jej na podstawie Skali Klinicznej PTSD. Analizę częstości wyników zaprezentowano w tabeli 9.

Tabela 9. Analiza częstości postawionych diagnoz PTSD za pomocą kwestionariusza CAPS- 5 i Skali Klinicznej PTSD. Diagnoza i pomiar nasilenia PTSD zgodne z ICD-11 i DSM-5

Diagnoza PTSD - PTSD	Diagnoza PTSD - CAPS			
	Nie		Tak	
	N	%	n	%
Nie	52	100,0	2	5,00
Tak	0	0	38	95,0

Dyskusja wyników

Podskale B, D i E wykazały zadowalające wartości średniokwadratowego dopasowania, co potwierdza ich dobre dopasowanie do modelu Rascha. To oznacza, że zostały dobrze skonstruowane i dokonują wiarygodnych pomiarów. Z kolei nieistotne wyniki testu Andersena potwierdzają stabilność modelu niezależnie od grupy diagnostycznej. Funkcje informacyjne dla podskal B, D i E wskazują na optymalny stopień dyskryminacji wyników od umiarkowanego do wyższego poziomu ekspozycji. To znaczy, że test jest odpowiedni dla osób o różnym nasileniu objawów. Szczególnie dobrze różnicuje osoby o umiarkowanym i wyższym poziomie nasilenia objawów. Jest to zgodne z założeniami diagnostyki klinicznej. Ogólny wynik Skali Klinicznej PTSD ze względu na najwyższe wartości rzetelności jest najbardziej wiarygodny.

Potwierdzona została również trafność zbieżna i różnicowa, co pozwala na odróżnienie wyników od innych konstruktów, natomiast silne korelacje między zbliżonymi konstruktami potwierdzają trafność zbieżną (korelacje z CAPS- 5). Osoby z diagnozą PTSD przejawiały istotnie wyższe wyniki dla analizowanych kryteriów PTSD w Skali Klinicznej PTSD od osób z inną diagnozą końcową, co również potwierdza trafność Skali Klinicznej PTSD. Trafność diagnostyczna narzędzia została również potwierdzona poprzez wysoką zgodność kappa Cohena. Tak samo fakt, że większość osób, którym postawiono diagnozę PTSD za pomocą CAPS- 5 otrzymała taką samą diagnozę na podstawie Skali Klinicznej PTSD. Diagnoza i pomiar nasilenia PTSD zgodne z ICD-11 i DSM-5 dla lekarzy i psychologów. (95% zgodności pozytywnych diagnoz) – rozbieżność obejmowała jedynie 2 osoby. W ten sposób potwierdzona została praktyczna użyteczność Skali Klinicznej PTSD.

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonego badania można wysnuć wniosek, iż Skala Kliniczna PTSD, służąca do diagnozy i pomiaru nasilenia zaburzenia stresowego pourazowego zgodnie z kryteriami ICD-11 i DSM-5, jest narzędziem o wysokiej wartości diagnostycznej, porównywalnej ze skalą CAPS-5. Jej wyróżnikiem jest opracowanie z uwzględnieniem polskich realiów klinicznych i społeczno-kulturowych, co zwiększa trafność rozpoznań i ułatwia interpretację wyników. Wysoka zgodność z diagnozami klinicznymi oraz istotna trafność zbieżna z wynikami uzyskiwanymi za pomocą CAPS-5 potwierdzają jej przydatność zarówno w codziennej praktyce diagnostycznej, jak i w badaniach naukowych.

Złożoność objawów, ich możliwa niespecyficzność oraz częste współwystępowanie z innymi zaburzeniami psychopatologicznymi sprawiają, że stosowanie rzetelnych narzędzi opartych na ustrukturyzowanym wywiadzie stanowi nieodzowny element dobrej praktyki klinicznej. W tym kontekście Skala Kliniczna PTSD znajduje zastosowanie nie tylko w diagnozie, lecz także w planowaniu i monitorowaniu procesu leczenia. Może być z powodzeniem wykorzystywana w psychoterapii poznawczo-behawioralnej, zwłaszcza w interwencjach opartych na przedłużonej ekspozycji (PE), której skuteczność została potwierdzona w polskich badaniach, m.in. w programie TRAKT. Wykazano w nim, że u pacjentów leczonych wyłącznie psychoterapią (PE) aż 80–90% osiągnęło remisję objawów, co istotnie przewyższało skuteczność samej farmakoterapii (Popiel i in., 2015).

Dzięki możliwości powtarzalnego pomiaru objawów w czasie oraz oceny dynamiki zmian w odpowiedzi na leczenie, Skala Kliniczna PTSD może pełnić także funkcję narzędzia do monitorowania skuteczności interwencji — zarówno w praktyce klinicznej, jak i w projektach badawczych oraz ewaluacyjnych. Jej konstrukcja i potwierdzona trafność czynią ją użytecznym rozwiązaniem w codziennej pracy psychologów, psychiatrów oraz innych specjalistów zajmujących się zdrowiem psychicznym.

PODZIĘKOWANIA

W procesie tworzenia Skali Klinicznej PTSD, służącej do diagnozy i pomiaru nasilenia PTSD zgodnie z kryteriami diagnostycznymi ICD-11 i DSM-5, autorzy zaczerpnęli inspirację z badań i osiągnięć zespołu badawczego w składzie: prof. dr hab. Bogdan Zawadzki, dr hab. Agnieszka Popiel oraz dr n. hum. Ewa Pragłowska.

Zaproponowane przez ten zespół koncepcje stały się punktem wyjścia do stworzenia Skali Klinicznej PTSD.

LITERATURA

- American Psychiatric Association, Diagnostic and statistical manual of mental disorders (wyd. 4), Washington, DC: Author 2000.
- Blouin D., Day A. G., Pavlov A., Comparative reliability of structured versus unstructured interviews in the admission process of a residency program, „Journal of Graduate Medical Education” 2011, nr 3(4), s. 517–523, <https://doi.org/10.4300/JGME-D-10-00248.1>.
- DiStefano C., Greer F. W., Dowdy E., Examining the BASC-3 BESS parent form–preschool using Rasch methodology, „Assessment” 2019, nr 26(6), s. 1162–1175.
- Kessler R. C., Aguilar-Gaxiola S., Alonso J., Benjet C., Bromet E. J., Cardoso G., Koenen K. C., Posttraumatic stress disorder in the World Mental Health Surveys, „European Journal of Psychotraumatology” 2017, nr 8(sup5), art. 1353383, <https://doi.org/10.1080/20008198.2017.1353383>.
- Koo T. K., Li M. Y., A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research, „Journal of Chiropractic Medicine” 2016, nr 15(2), s. 155–163, <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>.
- Mair P., Hatzinger R., Extended Rasch modeling: The eRm package for the application of IRT models in R, „Journal of Statistical Software” 2007, nr 20, s. 1–20, <https://doi.org/10.18637/jss.v020.i09>.
- Olf M., Hein I., Amstadter A. B., Armour C., Skogbrott Birkeland M., Bui E., The impact of trauma and how to intervene: A narrative review of psychotraumatology over the past 15 years, „European Journal of Psychotraumatology” 2025, nr 16(1), art. 2458406, <https://doi.org/10.1080/20008198.2024.2458406>.
- Popiel A., Zawadzki B., Bielecki M., Mroziński B., Pragłowska E., Czy doświadczenie pandemii może prowadzić do pourazowego zaburzenia stresowego (PTSD)? Wyniki badania COVID-STRES, w: Paluchowski W. J., Bakiera L. (red.), Psychospołeczny obraz pierwszej fali pandemii COVID-19 w Polsce, Wydawnictwo UAM, Poznań 2021, s. 45–58.

- Popiel A., Zawadzki B., Pragłowska E., Teichman Y., A randomized controlled trial of prolonged exposure, paroxetine and combined treatment for PTSD following a motor vehicle accident – The "TRAKT" study, „Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry” 2015, nr 48, s. 17–26, <https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2015.01.002>.
- Rizopoulos D., ltm: An R package for latent variable modeling and item response analysis, „Journal of Statistical Software” 2007, nr 17, s. 1–25, <https://doi.org/10.18637/jss.v017.i05>.
- Schincariol A., Orrù G., Otgaar H., Sartori G., Scarpazza C., Posttraumatic stress disorder (PTSD) prevalence: An umbrella review, „Psychological Medicine” 2024, nr 54, s. 4021–4034, <https://doi.org/10.1017/S0033291723000101>.
- Seah C., Huckins L. M., Brennand K. J., Implications of gene × environment interactions in post-traumatic stress disorder risk and treatment, „The Journal of Clinical Investigation” 2025, nr 135(5), art. e157833, <https://doi.org/10.1172/JCI157833>.
- Strelau J., Zawadzki B., Oniszczenko W., Sobolewski A., Kwestionariusz PTSD – wersja czynnikowa (PTSD-C): Konstrukcja narzędzia do diagnozy głównych wymiarów zespołu stresu pourazowego, „Przegląd Psychologiczny” 2002, nr 45(2), s. 149–176.
- Substance Abuse and Mental Health Services Administration, Trauma-informed care in behavioral health services (Treatment Improvement Protocol [TIP] Series 57; HHS Publication No. SMA13-4801), Rockville, MD: Author 2014.
- Taber K. S., The use of Cronbach’s alpha when developing and reporting research instruments in science education, „Research in Science Education” 2018, nr 48(6), s. 1273–1296.
- Teicher M. H., Samson J. A., Anderson C. M., Ohashi K., The effects of childhood maltreatment on brain structure, function and connectivity, „Nature Reviews Neuroscience” 2016, nr 17(10), s. 652–666, <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.111>.
- World Health Organization, International classification of diseases for mortality and morbidity statistics (11th Revision), 2019, <https://icd.who.int/> (dostęp: [uzupełnij datę]).

- Zawadzki B., Popiel A., Bielecki M., Mroziński B., Pragłowska E., Negatywne reakcje emocjonalne na stres pandemii wirusa SARS-CoV-2: Rola stresorów, cech osobowości i poznawczych strategii regulacji emocji zorientowanych na unikanie, w: Gambin M., Zawadzki B. (red.), *Pandemia COVID-19. Perspektywa psychologiczna*, Wydawnictwo Liberi Libri, Warszawa 2022, s. 89–125, <https://doi.org/10.47943/lib.9788363487607.rozdzial03>.
- Zawadzki B., Popiel A., Cyniak-Cieciura M., Jakubowska B., Pragłowska E., Diagnoza pourazowego zaburzenia stresowego (PTSD) za pomocą ustrukturalizowanego wywiadu klinicznego SCID-I, „*Psychiatria Polska*” 2011, nr 49(1), s. 159–169.
- Zawadzki B., Strelau J., Zaburzenia pourazowe jako następstwo kataklizmu, „*Nauka*” 2008, nr 2, s. 47–55.
- Zawadzki B., Wiek a nasilenie objawów chronicznego PTSD w grupie ofiar powodzi: Rola cech temperamentu, „*Psychologia Rozwojowa*” 2006, nr 11, s. 131–143.

CLINICAL PTSD SCALE – DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A POLISH DIAGNOSTIC TOOL IN LINE WITH ICD-11 AND DSM-5 CLASSIFICATIONS

Abstract: The aim of the study was to develop and validate the Clinical PTSD Scale, designed for diagnosing and assessing the severity of PTSD according to the ICD-11 and DSM-5 classifications. The tool was created with consideration for the specific characteristics of the Polish population. The goal was to develop a reliable and practical instrument to support the diagnosis of post-traumatic stress disorder and to monitor the progress of its treatment. The Clinical PTSD Scale was evaluated in terms of its validity and consistency with clinical diagnoses and compared with existing international diagnostic tools. The results indicate its high utility both in differential diagnosis and in daily therapeutic work. It can serve as significant support for psychologists and psychiatrists in diagnostic, research, and forensic practice. This is the first such tool developed in Poland – practical, empirically validated, and well-rooted in clinical practice.

Keywords: PTSD, clinical diagnosis, forensic psychiatry, rating scale.

JUSTYNA MIZERA

Wyższa Szkoła Inżynierii i Zdrowia w Warszawie

e-mail: justyna.mizera@wsiiz.pl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0212-7868>

KRZYSZTOF MIZERA

Uniwersytet VIZJA w Warszawie, Wydział Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu

e-mail: k.mizera@vizja.pl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4875-9668>

NEOFOBIA ŻYWIENIOWA U DZIECI – PRZYCZYNY I RYZYKO ZDROWOTNE

Streszczenie: Artykuł stanowi przegląd oraz analizę 40 publikacji, w dużej mierze anglojęzycznych w celu przedstawienia problemu, jakim jest lęk dzieci przed spożywaniem nowych i nieznanych dotąd produktów oraz gotowych posiłków. Zwrócono uwagę na rolę planowania i programowania żywienia przez rodziców lub opiekunów dzieci. Scharakteryzowano nieprawidłowości związane z żywieniem jak np. spożycie zbyt małej ilości produktów mlecznych, ryb, warzyw i owoców, co skutkuje niedoborami wapnia, witaminy D, jak również zaburzenia żelaza. Opisano też szeroko uwarunkowania dotyczące powstawania i występowania neofobii wśród dzieci.

Słowa kluczowe: neofobia żywieniowa, lęk przed jedzeniem, żywienie dzieci, żywienie.

WPROWADZENIE

Neofobia żywieniowa co prawda nie jest zjawiskiem nowym, lecz od niedawna zaczęto poruszać tę kwestię szerzej i baczniej się jej przyglądać. Jest to lęk lub też niechęć dziecka do próbowania nowych, nieznanych mu produktów, pokarmów, a nawet całych dań. Może ona dotyczyć jedzenia, którego dziecko nigdy dotąd nie widziało, ale też znanych już składników, które zostały podane

w całkiem nowej formie. Sytuację lękową może powodować np. podanie ziemniaków tłuczonych zamiast w kawałkach czy zmienione opakowanie ulubionego soku. Finalnie dziecko zaspokaja swój głód zawsze tymi samymi produktami, co sprawia, że jego dieta jest bardzo monotonna i uboga w składniki odżywcze, co oczywiście może powodować szereg problemów zdrowotnych. Dlatego niezwykle ważne jest wczesne rozpoznanie problemu, które umożliwi zahamowanie rozwoju wtórnych trudności w postaci izolacji społecznej, niskiej samooceny czy niedoborów w składniki odżywcze, niezbędne dla prawidłowego rozwoju w okresie dorastania.

PROGRAMOWANIE ŻYWIENIA PRZEZ RODZICÓW

Jednym z czynników decydujących o dobrym stanie zdrowia jest prawidłowa dieta kobiety w ciąży a następnie dziecka od najwcześniejszych lat. Coraz więcej uwagi poświęca się tzw. Programowaniu żywieniowemu, które rozpoczyna się już przed zajściem w ciążę i trwa przez kolejne dziewięć miesięcy i pierwsze lata życia (Pudło & Respondek, 2016). Coraz więcej badań dowodzi o istnieniu związku pomiędzy prawidłowym żywieniem człowieka a powstawaniem chorób, określanych mianem cywilizacyjnych, w późniejszych fazach rozwoju, a także w życiu dorosłym. (Pudło & Respondek, 2016; Malczyk i in., 2015; Rousham i in., 2022). Prawidłowe żywienie dzieci pełni więc dwojaką funkcję, nie tylko optymalizuje ich rozwój, ale również gwarantuje im zdrowie w dorosłym życiu. Rodzice i opiekunowie dzieci ponoszą odpowiedzialność za ich stan żywienia i odżywienia oraz w dużym mierze przyczyniają się do kształtowania nawyków żywieniowych praktykowanych w dalszych etapach życia. To właśnie w pierwszych latach życia mogą pojawić się awersje pokarmowe, w tym neofobia żywieniowa, która wpływa na relacje z jedzeniem i może nieść za sobą wiele konsekwencji zdrowotnych.

NIEPRAWIDŁOWOŚCI W ŻYWIENIU DZIECI I ZJAWISKO NEOFOBII

Nawyki żywieniowe dzieci i sposób ich karmienia odbiegają od rekomendacji. Liczne metaanalizy obrazują, iż dzieci w wieku 2-7 lat nie są prawidłowo odżywiane, a sposób ich żywienia nie zaspokaja potrzeb rozwijających się organizmów (WHO, 2019; Szponar, Sekuła i Rychlik, 2003). Dzieci spożywają zbyt mało produktów mlecznych, ryb, warzyw i owoców, co skutkuje niedoborami wapnia, witaminy D, wielonienasyconych kwasów tłuszczowych DHA (kwas dokosaheksaenowy), EPA (kwas eikozapentaenowy) jak również żelaza. Większość

dzieci jada te same produkty w obrębie danych grup produktów z piramidy żywności, co może przyczyniać się do powstawania niedoborów pokarmowych (Jarosz, 2019). Przyczyną opisanego powyżej zachowania może być, charakterystyczne dla niektórych dzieci zjawisko neofobii żywieniowej. Neofobia żywieniowa definiowana jest jako postawa wobec żywności objawiająca się unikaniem spożywania nowych produktów lub ogólnie niechęcią do ich spróbowania. Neofobia jest cechą przeciwstawną do neofilii wyrażającej ogólną chęć do próbowania nowej żywności. Istotą postawy neofobicznej jest niechęć do spróbowania nowej żywności (lub kontynuowania jej spożywania w początkowej fazie ekspozycji), niechęć do zaakceptowania konkretnych smaków jest uwarunkowana zupełnie innymi procesami jako element różnicujący poszczególne zaburzenia. Nasilenie zachowań neofobicznych występuje między 2. a 5. rokiem życia, jednak mogą one występować na każdym etapie życia (Cole i in., 2017). Neofobia jest w dużej mierze warunkowana genetycznie, jednak obserwowany w badaniach wpływ czynników środowiskowych, w tym szczególnie zachowań żywieniowych rodziców, wskazuje na możliwość jej modyfikacji. Neofobia żywieniowa należy do grupy zaburzeń „wybiórcze jedzenie”, które wg klasyfikacji Chatoor mieszczą się w szerszej grupie tj. sensoryczne awersje pokarmowe. Bardzo często autorzy w odniesieniu do zaburzeń typu sensoryczne awersje pokarmowe stosują w opisie dzieci wymiennie określeń „wybrzydzące”, „grymaszące”, „neofobiczne”, mimo, iż zaburzenia te należą do tej samej grupy, to jednak istnieje różnicowanie między nimi. Przykładowo różnica między neofobią żywieniową a wybrzydzeniem polega na tym, że dziecko grymaszące odmawia jedzenia produktu, który wcześniej lubiło (jadało), ale również nowych produktów ze względu na ich strukturę, barwę, podczas gdy dziecko neofobiczne przejawia postawę niechęci do jedzenia nieznanych mu produktów (również tych wyglądających na nieznanne, podanych w innej formie niż zazwyczaj). Postawa neofobiczna jest częścią zachowań typu picky/fussy eaters (wybrzydzenie, grymaszenie) (Dovey i in., 2008). Zachowanie takie przy posiłku pojawia się najczęściej u dzieci ok. 2-3. roku i jest zjawiskiem przejściowym, często idzie w parze z naturalnym etapem rozwoju dziecka jakim jest potrzeba wyrażenia swojej autonomii. Niemowlęta do 12 m.ż. cechuje postawa otwartości na nowe smaki, która zmniejsza się z wiekiem. Badania pokazują, że dzieci do drugiego roku życia mają najniższy poziom neofobii, który następnie szybko rośnie do 4. roku życia (Felciglia i in., 2000; Cooke, Wardle i Gibson, 2003). Cooke i wsp. dowodzą, że niechęć do jedzenia występuje minimalnie w niemowlęctwie potem szybko rośnie w okresie około 2 lat, a potem stopniowo maleje (Cooke i in., 2004). Autorzy wyjaśniają, że trend występowania neofobii

żywieniowej w zależności od wieku, odpowiada trendowi malejącej wraz z wiekiem częstotliwości zatruć pokarmowych. Potwierdza to przypuszczenie, że neofobia pełni funkcję protekcyjną w okresie pomiędzy 2., a 6. rokiem życia dziecka, aż do czasu kiedy możemy zaobserwować wzrastającą niezależność, samodzielność dziecka, kiedy ono samo zaczyna decydować co chce lub też nie chce zjeść. W badaniu w populacji dzieci polskich co dziesiąte dziecko miało wysoki poziom neofobii żywieniowej (10,8%), największy odsetek dzieci z wysokim poziomem neofobii zaobserwowano w grupie dzieci 5-6-letnich (Kozioł-Kozakowska, Jagielski i Schlegel-Zawadzka, 2011). Mimo iż poziom neofobii zmniejsza się wraz z wiekiem to liczba produktów nie lubianych nie zmienia się. Skinner i wsp. wykazali, że neofobia żywieniowa z wczesnego dzieciństwa była dodatnio skorelowana z liczbą produktów, które dzieci nie lubiły w wieku 8 lat i ujemnie z liczbą produktów lubianych. Zatem produkty, które zostały zdefiniowane przez dziecko jako takie, które nie lubi, w okresie największego szczytu neofobii, pozostają nimi nadal mimo spadającego jej poziomu (Skinner i in., 2002). W większości badań nie zaobserwowano różnic w poziomie neofobii zależnych od płci (Pliner i Hobden, 1992).

NEOFOBIA JAKO ZABURZENIE ODŻYWIANIA

Według klasyfikacji DSM-V, wysokie natężenie neofobii żywieniowej stanowi jedno z kryteriów objawowych zaburzeń odżywiania polegających na unikaniu lub ograniczaniu przyjmowania pokarmów (Avoidant Restrictive Food Intake Disorder; ARFID). Tego typu zaburzenia wiążą się z uporczywym brakiem zaspokojenia odpowiednich potrzeb żywieniowych i/lub energetycznych, a główne obszary ich symptomów obejmują:

- Występowanie zaburzeń jedzenia lub karmienia (np. widoczny brak zainteresowania jedzeniem; pomijanie posiłków; mała ilość jedzenia);
- Wrażliwość sensoryczną (np. unikanie jedzenia ze względu na cechy sensoryczne pokarmu)
- Występowanie zaburzeń lękowych (np. obawa przed awersyjnymi konsekwencjami jedzenia, takimi jak dławienie się, wymioty) (Kozioł-Kozakowska i Piórecka, 2013).

Zaburzenia z grupy ARFID (w tym neofobia żywieniowa) stają się tym poważniejsze, im mniej zróżnicowana staje się dieta, im silniejsze zaburzenia sensoryczne występują, im większe obserwuje się niedobory substancji odżywczych,

im bardziej narasta lęk wobec jedzenia i jego unikanie. Wyjściowo objawy neofobii żywieniowej w małym nasileniu występują powszechnie i nie zaburzają znacząco ogólnego funkcjonowania dziecka, jednak narastanie objawów neofobicznych. Na co dzień dzieci, u których możemy mówić o występowaniu neofobii żywieniowej jako zaburzenia, mają praktycznie stały i niezmienny jadłospis, który jest znacznie uboższy w porównaniu do diety rówieśników. Dzieci te cechuje zazwyczaj rozwój psychofizyczny mieszczący się w przewidywanej normie, adekwatny do wieku, jednak rodzice opisują sytuacje związane z jedzeniem jako trudne. Okoliczności przyjmowania posiłków i zachowania przy stole mogą powodować negatywne reakcje emocjonalne, konflikty, wmuszanie jedzenia przez rodziców i nieakceptowalne dla opiekunów zachowania podopiecznych (Białek-Dratwa i in., 2022).

Badania prowadzone wśród polskich przedszkolaków wskazały, że aż co dziesiąty z nich (10,8%) prezentuje zachowania i objawy typowe dla wysokiego poziomu neofobii żywieniowej, a problem ten jest szczególnie powszechny wśród 5- i 6-latków (Kozioł-Kozakowska i Piórecka, 2013). Białek-Dratwa i Kowalski badali poziom ryzyka wystąpienia neofobii żywieniowej u dzieci i wywnioskowali, że występuje ono na poziomie umiarkowanym w 31,11% przypadków, natomiast 39,66% dzieci znajduje się w grupie ryzyka wysokiego. Nie mniej istotny wydaje się być ten problem w innych częściach świata (Białek-Dratwa i in., 2022). Przykładowo w populacji chińskiej wykazana w badaniach częstość występowania neofobii żywieniowej u niemowląt i małych dzieci (w wieku 18-36 miesięcy) jest nawet wyższa niż w naszym rodzimym kraju wśród dzieci przedszkolnych – wynosi aż 25,1% (Zou i in., 2019). Wśród uczniów szkół podstawowych w Hiszpanii badacze oszacowali częstość występowania tego problemu na poziomie 16% (Rodriguez-Tadeo i in., 2014). Znacząca powszechność zjawiska neofobii dziecięcej podkreśla nie tylko uniwersalność tego problemu, a w konsekwencji jego istotność, ale także sugeruje istnienie pewnych czynników o podłożu biologicznym, predestynujących rozwój zachowań neofobicznych.

UWARUNKOWANIA NEOFOBII ŻYWIENIOWEJ

Z literatury przedmiotu wiadomo, że neofobia jest cechą uwarunkowaną genetycznie. Dziedziczność wyjaśnia 70-78% zmienności neofobii, jednak $\frac{1}{4}$ tejże wariancji jest zależna od czynników środowiskowych takich jak np. odżywianie w okresie prenatalnym, sposób żywienia w okresie niemowlęcym

i wczesnego dzieciństwa, także cechy osobowościowe, nawyki żywieniowe, styl życia. (Kozioł-Kozakowska & Piórecka, 2013; Białek-Dratwa i Kowalski, 2024).

Czynniki biologiczne

Z racji, iż neofobia jest silnie związana z taką cechą osobowości jak lęk, który ma swoje podłoże genetyczne, zaczęto przypuszczać że neofobia również może być dziedziczna. W badaniu na parach bliźniąt jedno- i dwujajowych w wieku 9-11 lat oszacowano dziedziczność tej cechy w modelu statystycznym na poziomie 78%, podobne wyniki uzyskano w badaniach fińskich i brytyjskich. Zaobserwowano również, że wysoki poziom neofobii matki przekładał się na większą neofobiczność dzieci, zwłaszcza córek (Skinner i in., 2002). Wrodzone preferencje wobec słodkich substancji a awersja do substancji kwaśnych i gorzkich jest uznawana jako wynik adaptacji do warunków bytowania człowieka. Substancje gorzkie znajdujące się w otoczeniu częściej bywają truciznami w przeciwieństwie do substancji słodkich. Wrażliwość na smak gorzki jest uwarunkowana genetycznie. Wiadomo, że nie każdy jest tak samo wrażliwy na gorzki smak fenyloiotykarbamid (PTC) oraz innych związków zawierających grupę tiomocznikową, takie związki znajdziemy np. w brokułach, brukselce, kalafiorze i innych warzywach. Wrażliwość na te związki zależy od liczby brodawek smakowych na języku. Gen wrażliwości na gorzki smak występuje na 5., 6. lub 7. chromosomie (Skinner i in., 2002). Genetycznie uwarunkowana wrażliwość na gorzki smak może determinować stopień akceptacji nowych produktów, w których smak ten jest dominujący, może zatem pośrednio przyczyniać się do kształtowania postawy neofobicznej względem określonych grup produktów. Preferencje smakowe kształtują się już w łonie matki. Ekspozycja na różne smaki w łonie matki ma wpływ na późniejszy stopień akceptowania nowych produktów. Smaki pokarmów przenikają do wód płodowych, które dziecko połyka. Przeprowadzono badania, w których zaobserwowano, iż dzieci których matki w 3. trymestrze ciąży piły sok marchwiowy chętniej jadły przecier marchwiowy przy pierwszym kontakcie z tym produktem wprowadzanym do diety.

Czynniki środowiskowe

Fakt, że szczyt neofobii nie występuje w okresie niemowlęctwa, ale później w wieku wczesnego dzieciństwa dowodzi, że mimo genetycznego podłoża neofobia żywieniowa jest silnie zdeterminowana przez czynniki środowiskowe w tym

zachowania żywieniowe rodziców, zatem mimo swoich biologicznych uwarunkowań może być również postawą wyuczoną. Preferencje smaku słodkiego zmieniają się pod wpływem doświadczeń związanych z żywnością. Z badań Beauchamp i Moran wynika, iż bezpośrednio po urodzeniu wszystkie badane dzieci (199 noworodków) bardziej preferowały słodzoną wodę w porównaniu z wodą niesłodzoną (Jeżewska-Zychowicz, 2007). Po ukończeniu szóstego miesiąca życia preferencje dziecka względem słodzonej wody były warunkowane jego dotychczasowymi doświadczeniami. Dzieci, których matki podawały słodzoną wodę, wykazywały większe preferencje względem słodzonej wody, niż dzieci które nigdy jej nie piły. Dzieci w wieku przedszkolnym, którym zaproponowano trzy rodzaje serka tofu: zwykły, solony i słodzony, wybierały ten rodzaj, który był im znany, co sugeruje, że smak słodki jest bardziej preferowany, ale tylko w znanym kontekście żywnościowym (Aldous, 1999). Zdaniem psychologów na postawy wobec żywności ma wpływ znajomość produktu, „nowa żywność” podobnie jak wszystko co nowe powoduje konflikt, ponieważ z jednej strony to co nowe wywołuje napięcie, strach, z drugiej zaś strony wywołuje zainteresowanie i ciekawość. Tak więc można stwierdzić, że umiarkowana nowość wywołuje zainteresowanie i ciekawość, natomiast całkowicie nieznana wywołuje zdenerwowanie i strach. Udowodniono, że łatwiej jest zaakceptować nowy smak (produkt) jeśli jest on podawany z produktem już znanym, czyli np. z keczupem u dzieci starszych lub nowy produkt w ramach rozszerzania diety u niemowląt z mlekiem mamy. W badaniach Pliner i wsp. zaobserwowano, że dodatek znanego sosu do nieznannej potrawy sprawił, że dzieci kosztowały ją chętniej w porównaniu do tej samej potrawy bez sosu. Badanie udowodniło, że dodatek znanego i lubianego smaku (w tym przypadku sosu) zwiększa chęć do zjedzenia czegoś nowego (Pliner i Stallberg-White, 2000).

Sposób karmienia

Sposób karmienia ma kluczowe znaczenie na kształtowanie postaw względem żywności. W rodzinie dziecko poznaje nowe smaki, produkty i uczy się ich akceptacji. To jakie produkty, posiłki będzie podawała mama ma znaczący wpływ na rozwój określonych preferencji żywieniowych dziecka. Już w trakcie karmienia piersią uczy się ono określonych smaków znajdujących się w mleku matki, im bardziej urozmaicona jest dieta matki tym więcej nowych smaków próbuje dziecko (Mennella i in., 2001). Zbyt późne wprowadzanie nowości w menu dziecka lub zbyt szybka rezygnacja z podawania nowości po negatywnej reakcji dziecka to jeden z powodów późniejszej niechęci do jedzenia określonych

produktów. Tymczasem jak wynika z najnowszych badań przeprowadzonych w Centrum Zdrowia Dziecka, niemowlęta mają zbyt późno rozszerzaną dietę, 17% dzieci 6-miesięcznych jadło wyłącznie posiłki mleczne, które dominowały również w jadłospisie rocznych niemowląt (Stolarczyk, Szott, i Socha, 2012; Socha i in., 2021). Jednym z rodzajów uczenia się jest wykorzystanie zmysłów, czyli doświadczenia nowych smaków. Z badań wynika, iż dopiero próbowanie określonej nowej żywności ok. 10 razy powoduje jej akceptację (Mennella, Jagnow, i Beauchamp, 2001). Eksponowanie na nowe smaki powoduje uczenie się i zwiększa ich akceptację. Zatem częstym błędem rodziców zwłaszcza matek jest narzucanie własnych preferencji smakowych w stosunku do produktów, których same nie akceptują np. mama nie podaje dziecku zielonych warzyw liściastych, bo sama ich nie lubi. Im bardziej zwiększa się znajomość danej żywności, tym bardziej zwiększa się jej akceptacja. Ważną rolę w zmniejszaniu postawy neofobicznej będzie miał również proces uczenia się przez zmysł dotyku, zwłaszcza dla małych dzieci poniżej 3. roku życia. Doświadczenia z żywnością poprzez jedzenie palcami, dają możliwość poznania nowego produktu, oswojenia się z jego wyglądem, konsystencją, fakturą a w konsekwencji do zaakceptowania go. Stąd dość dużą popularnością cieszy się metoda BLW (Baby Led Weaning), która charakteryzuje się pominięciem etapu karmienia łyżeczką oraz podawania pokarmu w formie rozdrobnionej (Rybak, 2012). Jej założeniem jest umożliwienie dziecku fizycznego nabywania umiejętności samodzielnego spożywania posiłków. Od tego momentu niemowlę otrzymuje możliwość efektywnego rozszerzania swojej diety, która dotychczas składała się wyłącznie z mleka, o inne produkty (Białek-Dratwa, Soczewka i Grochowska-Niedworok, 2020). Dziecko otrzymuje produkty w formie stałej, np. warzywa, owoce czy makaron. Pokarmy te muszą mieć kształt i formę dostosowaną do chwytania ręką dziecka – mogą to być krążki, części lub róże warzyw, takich jak kalafior czy brokuł. Cały proces jest kontrolowany przez dziecko, z wykorzystaniem jego umiejętności rozwojowych oraz instynktu. Samodzielna nauka jedzenia przynosi dziecku wiele korzyści, nie tylko żywieniowych. Początkowo niemowlę je palcami, a z czasem uczy się korzystania ze sztućców. Nadal otrzymuje mleko matki lub modyfikowane.

Metoda BLW jest jedną z rekomendowanych metod rozszerzania diety niemowląt według Polskiego Towarzystwa Gastroenterologii, Hepatologii i Żywienia Dzieci (PTGHiŻd). Towarzystwo definiuje tę metodę jako karmienie bez stosowania papkowatej konsystencji i łyżeczki, a wyłącznie poprzez podawanie pokarmów stałych, które dziecko zjada samodzielnie. Stosuje się ją w okresie od 17. do 26. tygodnia życia (Szajewska, Socha i Horvath, 2021).

Dzieci karmione tą metodą aktywnie uczestniczą w procesie spożywania posiłków, mają kontakt z pokarmem, dotykają go i badają. Można je uznać za aktywnych uczestników posiłku. (Białek-Dratwa, Michalak, Grot i Krupa-Kotara, 2022). Okazuje się, że stosowanie metody BLW może przyczyniać się do zmniejszenia ryzyka wystąpienia neofobii żywieniowej u dzieci, u których praktykuje się taki sposób wprowadzania nowych pokarmów. Poprzez doświadczanie nowych smaków przez zmysł dotyku i smaku, dzieci wykazują mniejsze obawy do nieznanych wcześniej produktów spożywczych, czy też nieznannej konsystencji. (Harris i Coulthard, 2016). W badaniu Białek-Dratwy i współpracowników stwierdzono, że dzieci karmione metodą BLW miały większą autonomię w wyborze i spożywaniu pokarmów oraz częściej były ekspozowane na różnorodne tekstury i smaki. Autorzy sugerują, że taka ekspozycja może przyczynić się do zmniejszenia ryzyka rozwoju neofobii żywieniowej (Białek-Dratwa i in., 2025).

Zachowania żywieniowe matki

Olbrzymią rolę w procesie kształtowania postaw odgrywają relacje panujące między matką a dzieckiem. Atmosfera panująca w trakcie spożywania posiłków w tym zachowania takie jak narzekanie podczas jedzenia posiłków, nagradzanie dzieci smakołykami za zjedzenie nie lubianych przez nie posiłków, przyczyniają się do wzrostu poziomu niechęci dziecka do zjadanych produktów (Birch, 1998). Stosowanie nagród materialnych za zjedzenie nie lubianych produktów np. „Jak zjesz warzywa, to dostaniesz żelki”, skutkuje wzrostem postawy neofilicznej wobec nagrody a nie zwiększa chęci jedzenia warzyw. Stosowanie nagrody jest formą aprobaty czyjegoś zachowania, sprawiającą osobie wynagradzanej satysfakcję i zadowolenie oraz zachęcającą do powtarzania podobnych zachowań, a tym samym utrwalającą w niej wzory postępowania akceptowane przez środowisko. Stosowanie nagród materialnych jest jednak często nieskuteczne, bowiem dzieci uczą się negocjować otrzymywanie nagród albo uzależniają się od nich. Bardziej skuteczną formą nagrody byłoby wzmocnienie przejawiające się w zachowaniu osoby karmiącej czyli pochwałach, zadowoleniu, uśmiechu, wspólnej zabawie, spacerze itd. Z punktu widzenia postępowania z dzieckiem neofobicznym w wyjątkowych sytuacjach opisywane zachowania są dozwolone, ponieważ istotne jest aby dziecko spróbowało nowy produkt, bowiem każda próba zjedzenia zwiększa szansę akceptacji. Poziom neofobii zmniejsza się od pierwszego kontaktu z produktem i skojarzenia go jako pozytywne doświadczenie. Dziecko uczy się również przez naśladowanie zachowań. Dziecko obserwujące matkę jedzącą określony

produkt, łatwiej dawało się namówić na spróbowanie nowości. Udowodniono również, że wychowawca w przedszkolu również może zachęcić do jedzenia nowych produktów lub jedzenia posiłku w ogóle, ale tylko wówczas jeśli jest w swoim zachowaniu ekspresyjny.

Wpływ osobowości na jedzenie

Osobowość jednostki również determinuje jej nastawienie do jedzenia, w tym wpływ na poziom neofobii mają takie cechy osobowości jak niska otwartość na doświadczenia czy wysoka neurotyczność, które zwiększają poziom neofobii żywieniowej. Wśród dzieci, poziom neofobii jest związany z ich temperamentem. Zaobserwowano wśród dzieci pozytywną korelację pomiędzy neofobią a nieśmiałością oraz niestabilnością emocjonalną (Aldous, 1998). Na niechęć dzieci do jedzenia określonych produktów wpływa zatem kilka czynników. Należy pamiętać, że problemy z karmieniem, które dziecko manifestuje, mogą być uwarunkowane jednocześnie kilkoma czynnikami, przez co u dzieci zwykle obserwuje się więcej niż jeden rodzaj wymienionych wcześniej problematycznych zachowań w trakcie karmienia.

Potencjalny wpływ neofobii na zdrowie

Postawa neofobiczna względem pożywienia w przeszłości służyła zapewnieniu ludziom, jako gatunkowi wszystkożernemu, bezpieczeństwa w otoczeniu przepełnionym roślinnością o toksycznych właściwościach i niebezpiecznymi bakteriami, mogącymi rozmnażać się w zepsutym pożywieniu. W świecie współczesnym neofobia jest mechanizmem potrzebnym w okresie wczesnego dzieciństwa, kiedy dziecko poznaje świat również zmysłem smaku, postawa nieufna wobec nowości zabezpiecza go przed niebezpieczeństwem zjedzenia czegoś potencjalnie niebezpiecznego dla zdrowia. Wraz z rozwojem dziecka instynkty biologiczne maskowane są przez wyuczone zachowania, dlatego postawa neofobiczna wobec żywności zaczyna mieć negatywne skutki, powodując ograniczenie spożywania różnorodnych produktów, co może się przekładać na jakość diety. Neofobia żywieniowa wydaje się być najbardziej problematyczna w kontekście żywienia najmłodszych. Nawet jeśli parametry wzrostu i masy ciała dziecka mieszczą się w sugerowanej normie dla wieku, to obniżona jakość diety może generować istotne, negatywne konsekwencje dla rozwoju, zdrowia i codziennego funkcjonowania dziecka. Dziecięca neofobia żywieniowa może również negatywnie wpłynąć

na dietę na dalszych etapach rozwoju i prowadzić do utrwalenia niewłaściwych wzorców żywieniowych. Składniki odżywcze dostarczają bloków budulcowych, które odgrywają kluczową rolę w proliferacji komórek, syntezie DNA, metabolizmie neuroprzekazników i hormonów, i które są ważnymi składnikami układów enzymatycznych w mózgu (Nyaradi i in., 2013). Dieta może wpływać nie tylko na rozwój fizyczny i zdrowie, ale także na zdolności poznawcze i zachowanie dzieci i młodzieży. Szkodliwe skutki jedzenia wysoko energetycznego i ubożego w niezbędne składniki odżywcze może skutkować nie tylko problemem otyłości, pogorszeniem ogólnego stanu zdrowia i samopoczucia, ale także zaburzać wydajność poznawczą, wpływając niekorzystnie na funkcjonowanie mózgu, funkcje poznawcze i prezentowane zachowanie (Bellisle, 2004). Właściwe odżywianie, dostosowane do potrzeb dziecka na konkretnym etapie rozwoju, jest więc niezaprzeczalną determinantą jego zdrowia i prawidłowego funkcjonowania. Biorąc pod uwagę dynamikę rozwoju we wczesnym dzieciństwie, niedobory składników odżywczych wynikające z podwyższonej neofobii żywieniowej mogą niestety prowadzić do istotnych, niekorzystnych konsekwencji.

Wybiórcze jedzenie, w tym neofobia żywieniowa, mogą doprowadzić do niedoboru niektórych kluczowych substancji odżywczych, szczególnie witamin i składników mineralnych. Świadczą o tym liczne badania zagraniczne (Cooke, Wardle i Gibson, 2003; Loewen i Pliner, 2000; Łoboś i Januszewicz, 2019). Badania te donoszą między innymi, iż dieta dzieci charakteryzujących się wysokim poziomem neofobii jest mało urozmaicona. Dzieci neofobiczne jedzą mniej niż zalecane ilości warzyw, owoców i produktów mlecznych. Niektóre badania wskazują, iż dzieci neofobiczne w mniejszym stopniu realizują zalecane normy spożycia zwłaszcza dotyczy to realizacji zapotrzebowania na witaminę E. Ponadto dzieci jedzące tylko wybrane produkty mogą nie nabywać we właściwym czasie niektórych umiejętności związanych z jedzeniem, szczególnie jeśli spożywają jedynie pokarmy o miękkiej konsystencji. Zastanawiając się nad negatywnymi konsekwencjami zdrowotnymi neofobii żywieniowej należy rozpatrywać je w kategoriach utraconych potencjalnych korzyści zdrowotnych wynikających z ubożej, mało urozmaiconej diety, a przede wszystkim jedzenia zbyt małej w stosunku do zaleceń ilości warzyw i owoców. Neofobia żywieniowa nabiera również znaczenia w kontekście upowszechnionego ostatnio pojęcia programowania żywieniowego, rozumianego jako długookresowy lub trwający całe życie efekt bodźca lub sygnału oddziałującego w krytycznym okresie rozwoju na struktury bądź funkcje organizmu. Dowiedziono, że występowanie czynników, takich jak niedożywienie, niedobór lub nadmiar pewnych składników pokarmowych w tzw. okresach

krytycznych, może przeprogramować metabolizm, doprowadzając tym samym do nieodwracalnych skutków. Z przeglądu publikacji wynika, że dzieci neofobiczne mają bardzo niskie spożycie warzyw i owoców. Większość badań epidemiologicznych dowodzi prozdrowotnego wpływu spożywania warzyw i owoców. Spożywanie tych produktów w zalecanych ilościach 5 porcji dziennie, zmniejsza ryzyko choroby niedokrwiennej serca i udaru mózgu (o 30%), jak również obniża ciśnienie krwi, zmniejsza ryzyko powstania zaćmy, astmy i zapalenia oskrzeli u dzieci oraz niektórych nowotworów (Van Duyn i Pivonka, 2000).

Na uwagę zasługują zwłaszcza warzywa kapustne, które zawierają sulforafan, który ma działanie przeciwnowotworowe wynikające z dużej aktywności antyoksydacyjnej (Kłosiewicz-Latoszek, 2005). W dodatku wzrost konsumpcji zwłaszcza warzyw może pomóc dzieciom w utrzymaniu prawidłowej masy ciała. Neofobia jest dużym problemem w przypadku dzieci z alergią lub nietolerancją, oraz tych, które chorują na choroby w których konieczne jest stosowanie diety. Dzieci te zmuszone są do przestrzegania diety, a ich postawa objawiająca się niechęcią do próbowania nowych produktów utrudnia wprowadzenie zaleceń dietetycznych, co może mieć wpływ na przebieg choroby. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, iż prawidłowy sposób żywienia dopiero w późniejszym okresie życia nie jest w stanie całkowicie wyrównać utraconych wcześniej możliwości optymalnego rozwoju fizycznego i psychicznego. Ocena poziomu neofobii jest istotna z punktu widzenia zmniejszenia ryzyka oddziaływania złej diety na występowanie chorób dietozależnych, jak również możliwości modyfikacji tej postawy, poprzez edukację żywieniową dzieci oraz rodziców

ZAKOŃCZENIE

Choć neofobia żywieniowa wydaje się być naturalnym etapem rozwojowym w życiu małego dziecka nie należy jej bagatelizować, gdyż może ona przybierać wielorakie uwarunkowania i dlatego też w każdym przypadku powinna być ona obserwowana i rozpatrywana indywidualnie. Jest to ważne zwłaszcza jeśli niechęć do nowości objawia się negatywnymi emocjami oraz znacząco upośledza codzienne funkcjonowanie dziecka i całej rodziny. Może ona nadto przyczyniać się do występowania problemów na tle zdrowotnych oraz rozwojowych. Z drugiej strony należy pamiętać, że neofobia żywieniowa bardzo często mija wraz z wiekiem. Dobrze jest więc podchodzić do niej zdroworozsądkowo. Dlatego niezbędnym elementem w przeciwdziałaniu niekorzystnym skutkom postawy neofobicznej powinna być stała opieka pediatryczna, monitorowanie wskaźników wzrostu

i rozwoju dziecka, w tym siatek centylowych oraz dbałość o kształtowanie prawidłowych nawyków żywieniowych. Warto pamiętać, że w razie niepokoju lub też pewnych wątpliwości dobrze jest skonsultować się z lekarzem albo dietetykiem, zamiast podejmować chaotyczne działania, mogące jeszcze bardziej zniechęcić dziecko do konsumpcji wartościowych i różnorodnych posiłków.

LITERATURA

- Aldous, M. B. (1999). Nutritional issues for infants and toddlers. *Pediatrics Annals*, 28, 101–105.
- Bellisle, F. (2004). Effects of diet on behaviour and cognition in children. *British Journal of Nutrition*, 92(2), 227–S232.
- Białek-Dratwa, A., & Kowalski, O. (2024). Feeding neophobia and current feeding problems – a cross-sectional study among Polish children aged 2–7 years. *Pediatrica Polska*, 99(1), 7–14.
- Białek-Dratwa, A., Michalak, A., Grot, M., & Krupa-Kotara, K. (2022). Complementary feeding with traditional and baby led weaning (BLW) methods – assessment of selected aspects of infant's diet. *Journal of Education, Health and Sport*, 12(7), 315–329.
- Białek-Dratwa, A., Skórka, A., Gębski, J., Gutkowska, K., & Żukiewicz-Sobczak, W. (2025). Baby-led weaning vs. traditional complementary feeding—Differences in feeding practices among Polish children aged 6–36 months—A cross-sectional study. *Nutrients*, 17(5), 899.
- Białek-Dratwa, A., & Soczewka, M., & Grochowska-Niedworok, E. (2020). Rozszerzanie diety niemowlęcia z wykorzystaniem metody baby-led weaning („bobas lubi wybór”). *Pediatrica i Medycyna Rodzinna*, 16(4), 362–367.
- Białek-Dratwa, A., Szczepańska, E., Szymańska, D., Grajek, M., Krupa-Kotara, K., & Kowalski, O. (2022). Neophobia—A natural developmental stage or feeding difficulties for children? *Nutrients*, 14(7), 1521.
- Birch, L. L. (1998). Psychological influences on childhood diet. *Journal of Nutrition*, 128(2), 407–410.

- Park, B. K., & Cho, M. S. (2016). Taste education reduces food neophobia and increases willingness to try novel foods in school children. *Nutrition Research and Practice*, 10(2), 221–228.
- Cole, N. C., An, R., Lee, S. Y., & Donovan, S. M. (2017). Correlates of picky eating and food neophobia in young children: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition reviews*, 75(7), 516–532.
- Cooke, L. J., Wardle, J., Gibson, E. L., Sapochnik, M., Sheiham, A., & Lawson, M. (2004). Demographic, familial and trait predictors of fruit and vegetable consumption by pre-school children. *Public health nutrition*, 7(2), 295–302.
- Cooke, L., Wardle, J., & Gibson, E. L. (2003). Relationship between parental report of food neophobia and everyday food consumption in 2–6-year-old children. *Appetite*, 41, 205–206.
- Dovey, T. M., Staples, P. A., Gibson, E. L., & Halford, J. C. (2008). Food neophobia and ‘picky/fussy’ eating in children: a review. *Appetite*, 50(2-3), 181–193.
- Falciglia, G. A., Couch, S. C., Gribble, L. S., Pabst, S. M., & Frank, R. (2000). Food neophobia in childhood affects dietary variety. *Journal of the American Dietetic Association*, 100(12), 1474–1481.
- Harris, G., & Coulthard, H. (2016). Early eating behaviours and food acceptance revisited: Breastfeeding and introduction of complementary foods as predictive of food acceptance. *Current Obesity Reports*, 5(1), 113–120.
- Jaros, M. (2019). Nowa piramida zdrowego żywienia i stylu życia dzieci i młodzieży. *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*, 46(01), 13–14.
- Jeżewska–Zychowicz, M. (2007). *Zachowania żywieniowe i ich uwarunkowania*. Wydawnictwo SGGW.
- Kozioł-Kozakowska, A., Jagielski, P., & Schlegel-Zawadzka, M. (2011). Neofobia żywieniowa a stan odżywienia dzieci w wieku przedszkolnym. *Endokrynologia, Otyłość i Zaburzenia Przemiany Materii*, 2, 89.
- Kozioł-Kozakowska, A., & Piórecka, B. (2013). Neofobia żywieniowa, jej uwarunkowania i konsekwencje zdrowotne. *Standardy Medyczne. Pediatria*, 1, 1–6.

- Kłosiewicz-Latoszek, L. (2005). Składniki pokarmowe, a ryzyko nowotworów. *Żywnie człowieka i Metabolizm*, 32, 338–346.
- Loewen, R., & Pliner, P. (2000). The Food Situation Questionnaire: A measure of children's willingness to try novel foods in stimulating and non-stimulating situations. *Appetite*, 35, 239–250.
- Łoboś, P., & Januszewicz, A. (2019). Food neophobia in children. *Pediatric Endocrinology Diabetes and Metabolism*, 25(3), 150–154.
- Mańczyk, E., Całynik, B., Zołteńka-Synowiec, M., & Kaptur, E. (2015). Ocena stanu odżywienia dzieci w wieku 7–12 lat w aspekcie występowania otyłości. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 96(1), 162–169.
- Mennella, J. A., Jagnow, C. P., & Beauchamp, G. K. (2001). Prenatal and postnatal flavor learning by human infants. *Pediatrics*, 107(6), 88.
- Nyaradi, A., Li, J., Hickling, S., Foster, J., & Oddy, W. H. (2013). The role of nutrition in children's neurocognitive development, from pregnancy through childhood. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 97.
- Pliner, P., & Hobden, K. (1992). Development of a scale to measure the trait of food neophobia in humans. *Appetite*, 19, 105–120.
- Pliner, P., & Stallberg-White, C. (2000). Pass the ketchup, please: Familiar flavors increase children's willingness to taste novel foods. *Appetite*, 34, 95–103.
- Pudło, H., & Respondek, M. (2016). Programowanie żywieniowe – wpływ odżywiania kobiet w ciąży na zdrowie dziecka = Nutritional programming – the impact of nutrition of pregnant women on the health of their children. *Journal of Education, Health and Sport*, 6(7), 589–600.
- Rodriguez-Tadeo, A., Urquidez-Romero, R., Vidaña-Gaytán, M. E., & MJ, P. C. (2014). Food neophobia: Impact on food habits and acceptance of healthy foods in schoolchildren. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 260–268.
- Rousham, E. K., Goudet, S., Markey, O., Griffiths, P., Boxer, B., Carroll, C., Petherick E. S. & Pradeilles, R. (2022). Unhealthy food and beverage consumption in children and risk of overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis. *Advances in Nutrition*, 13(5), 1669-1696.

- Rybak, A. (2012). Karmienie metodą BLW. *Medycyna Praktyczna. Pediatria*, (1), 82–83.
- Skinner, J. D., Carruth, B. R., Bounds, W., & Ziegler, P. J. (2002). Children's food preferences: a longitudinal analysis. *Journal of the American Dietetic Association*, 102(11), 1638-1647.
- Socha, J., Weker, H., Stolarczyk, A., & Butrimiek-Guzik, E. (2021). Zasady żywienia zdrowych niemowląt. Uniwersytet Medyczny w Białymstoku.
- Stolarczyk, A., Szott, K., & Socha, P. (2012). Ocena sposobu żywienia niemowląt w wieku 6 i 12 m.ż. w populacji polskiej w odniesieniu do zaleceń Schematu Żywienia Niemowląt z 2007 r. *Standardy Medyczne. Pediatria*, 9, 545–551.
- Szajewska, H., Socha, P., & Horvath, A. (2021). Zasady żywienia zdrowych niemowląt. Stanowisko Polskiego Towarzystwa Gastroenterologii, Hepatologii i Żywienia Dzieci. *Pediatria*, 11, 321-338.
- Szponar, L., Sekuła, W. & Rychlik, E. (2003). Badania indywidualnego spożycia żywności i stanu odżywienia w gospodarstwach domowych. Warszawa.
- Van Duyn, M. A., & Pivonka, E. (2000). Overview of the health benefits of fruit and vegetable consumption for the dietetics professional: Selected literature. *Journal of the American Dietetic Association*, 100, 1511–1521.
- Wardle, J., & Cooke, L. (2008). Genetic and environmental determinants of children's food preferences. *British Journal of Nutrition*, 99(1), 15–21.
- World Health Organization (2019). Increasing fruit and vegetable consumption to reduce the risk of noncommunicable diseases. Geneva.
- Zou, J., Liu, Y., Yang, Q., Liu, H., Luo, J., Ouyang, Y., & Lin, Q. (2019). Cross-cultural adaption and validation of the Chinese version of the Child Food Neophobia Scale. *BMJ Open*, 9(8), e026729.

FOOD NEOPHOBIA IN CHILDREN – CAUSES AND HEALTH RISKS

Abstract: The article is a review and analysis of 40 publications, mostly in English, in order to present the problem of children's fear of eating new and previously unknown products and ready meals. Attention is drawn to the role of planning and programming nutrition by parents or guardians of children. Irregularities related to nutrition are characterized, such as the consumption of too few dairy products, fish, vegetables and fruits, which results in calcium and vitamin D deficiencies, as well as iron disorders. The conditions related to the development and occurrence of neophobia in children are also described in detail.

Keywords: food neophobia, fear of eating, children's nutrition, nutrition.

JUSTYNA MIZERA

Wyższa Szkoła Inżynierii i Zdrowia w Warszawie

e-mail: justyna.mizera@wsiiz.pl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0212-7868>

KRZYSZTOF MIZERA

Uniwersytet VIZJA w Warszawie, Wydział Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu

e-mail: k.mizera@vizja.pl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4875-9668>

TRENING JELITA I JEGO WPŁYW NA PARAMETRY WYDOLNOŚCIOWE SPORTOWCÓW

Streszczenie: Zjawisko dotyczące treningu jelita, czyli procesu adaptacyjnego, którego celem jest poprawa tolerancji na pokarmy inapoję spożywane podczas wysiłku fizycznego, jest zagadnieniem stosunkowo młodym. Artykuł jest przeglądem oraz analizą 30 publikacji naukowych, polskich i zagranicznych. Ponieważ jelita, podobnie jak cały układ pokarmowy jest obciążany podczas wysiłku fizycznego, opisano rolę i znaczenie treningu jelita dla sportowca. Zwrócono uwagę na rolę opróżniania żołądka oraz wyszczególniono elementy, które wpływają na ten proces. Opisano także wpływ aktywności ruchowej i treningu sportowego na adaptację przewodu pokarmowego osób podejmujących aktywność fizyczną. W dalszej części szczegółowo scharakteryzowano strategie żywieniowe jako metody treningu jelita wykorzystywane przez sportowców. Opisano również mikrobiotę jelitową jak również jej znaczenie w całym procesie treningu jelita oraz probiotyki i ich wpływ na pracę jelit.

Słowa kluczowe: trening jelita, jelita, mikroflora jelitowa, probiotyki, zdrowa dieta.

WPROWADZENIE

Sportowiec podczas sesji treningowej narażony jest na duże obciążenia całego organizmu, w tym także przewodu pokarmowego, który przecież odgrywa kluczową rolę w dostarczaniu energii zwłaszcza podczas długotrwałego wysiłku. Problemy żołądkowo-jelitowe (np. wzdęcia, biegunki, nudności) mogą znacząco obniżyć wydajność sportowca oraz komfort wykonywania wysiłku fizycznego, a nawet uniemożliwić jego kontynuowanie. Dlatego też niezwykle istotne wydaje się nie tylko prawidłowe zaplanowanie, ale też przeprowadzenie odpowiednich procesów, dzięki którym zawodnik będzie w stanie spożyć większą ilość węglowodanów i płynów, bez wystąpienia negatywnych objawów ze strony przewodu pokarmowego. Do takich zaliczamy trening jelita, który w znacznym stopniu może usprawnić nie tylko dostarczanie niezbędnej energii podczas wysiłku, ale też zagwarantować większy komfort zawodnikowi.

ROLA I ZNACZENIE TRENINGU JELITA DLA SPORTOWCA

Jako że jelita, podobnie jak cały układ pokarmowy jest obciążany podczas wysiłku fizycznego, trening jelita (ang. gut training) jest procesem pozwalającym zaadaptować przewód pokarmowy do lepszej tolerancji wysiłku. W praktyce przekłada się to na efektywne pobieranie, trawienie i wykorzystywanie pożywienia do celów energetycznych, głównie węglowodanów, szczególnie w sportach o charakterze wytrzymałościowym o długim czasie trwania, choć pomaga też w wykonywaniu wysiłków o charakterze interwałowym.

Trening jelita przynosi wiele korzyści jak np.: minimalizuje ryzyko mdłości, biegunkę i wzdęcie podczas wysiłku lub bezpośrednio po jego zakończeniu, poprawia wydolność poprzez optymalne dostarczanie energii podczas długotrwałych aktywności fizycznych. Znacząco zmniejsza stres żołądkowo-jelitowy, co może być ważne dla sportowców startujących w zawodach lub wykonujących intensywne treningi. Nadto jak wspomniano wcześniej, zwiększają się zdolności trawienia i wchłaniania węglowodanów, co przyczynia się do wyższej efektywności energetycznej wobec czego wysiłek może trwać dłużej (Benardot, 2019).

Trening jelita wpływa też na szybsze tempo opróżniania żołądka. Jest to czas, w którym pokarm lub płyn przedostaje się z żołądka do dalszych części przewodu pokarmowego. Ważne jest, aby proces ten przebiegał szybko i efektywnie, a dostarczona energia mogła być jak najszybciej wykorzystana bez dodatkowych obciążeń dla układu pokarmowego. Wsparcie, zwłaszcza tym wyczynowym,

czas pełni istotną rolę, zatem usprawnienie funkcjonowania naszego organizmu może dać zawodnikowi nie tylko większy komfort podczas samego wysiłku, ale też osiągnąć lepsze rezultaty sportowe. Dlatego też istotną rolę odgrywa opróżnianie żołądka.

Na tempo opróżniania żołądka wpływa:

- stężenie węglowodanów wroztworze iich rodzaj
- gęstość energetyczna posiłku
- zawartość białka i tłuszczu wposiłku
- ilość spożytego płynu i jego temperatura
- nawodnienie organizmu
- stres psychiczny
- intensywność aktywności fizycznej (Dan Benardot, 2019, Wolfgang, 2020).

Regularne spożywanie węglowodanów, w tym fruktozy i glukozy wpływa na zwiększenie liczby transporterów SGLT-1 w jelicie, a ich zwiększona liczba i aktywność przekłada się na lepszą tolerancję tych cukrów, co skutkuje zwiększeniem dostępności energii (Jeukendrup, 2017).

Dzięki treningowi jelita, sportowcy mogą w komfortie jelitowym i psychicznie trenować, atakować startować w wymagających zawodach. Trenowanie układu pokarmowego pozwala na lepszą tolerancję pokarmu i płynów dostarczanych podczas intensywnych wysiłków, redukuje występowanie wzdęć, biegunk czy wymiotów. Odpowiednia podaż energii oraz nawodnienie wiąże się z lepszą wydolnością i utrzymaniem koncentracji na wysokim poziomie, uzupełnione zapasy glikogenu w mięśniach to również ochrona przed zmęczeniem i poprawa regeneracji powysiłkowej. Układ trawienny może specyficznie reagować nie tylko na rodzaj pokarmu, ale również na jego ilość. Niewytrenowany może nie być w stanie efektywnie wykorzystać dostarczonej ilości węglowodanów i zareagować np. biegunką. Zbyt mała ilość nie zapewni odpowiedniego stężenia glukozy we krwi i glikogenu skutkując gorszymi zdolnościami wysiłkowymi.

Przewód pokarmowy jest wysoce elastyczny i dobrze ułożona strategia żywieniowa pozwala w późniejszym okresie efektywniej wchłaniać składniki odżywcze, jednocześnie zmniejszając lub niwelując dolegliwości żołądkowo-jelitowe. Jelita są bardzo ważnym narządem dla sportowców wytrzymałościowych i powinny być trenowane pod kątem warunków, w jakich przyjdzie im funkcjonować. Przykładem obrazującym zdolności adaptacyjne układu pokarmowego mogą być zawody "jedzenia na czas", gdzie zawodnicy są w stanie wytrenować swój żołądek na tyle, aby z jak najmniejszym dyskomfortem jeść i magazynować ilości

pożywienia nie do zaakceptowania przez osoby nie wytrenowane w tym aspekcie (Jeukendrup, 2017).

WPŁYW AKTYWNOŚCI RUCHOWEJ I TRENINGU SPORTOWEGO NA ADAPTACJĘ PRZEWODU POKARMOWEGO

Trenowanie przewodu pokarmowego do przyjmowania pokarmów i płynów jest tak samo ważne jak budowanie bazy tlenowej, szybkości czy siły w sportach wytrzymałościowych. Efekty treningowe są zależne również od adaptacji w tkankach i naczyniach innych niż mięśnie szkieletowe.

Tempo wchłaniania oraz wykorzystywania węglowodanów jest zależne m.in. od intensywności wysiłku, warunków pogodowych oraz treningu jelita. Tenże trening to bardzo skuteczne rozwiązanie dla osób borykających się z nieprzyjemnymi objawami ze strony układu pokarmowego, które jednocześnie zobowiązuje przed ich wystąpieniem nie podejmują racjonalnych kroków i nie spożywają cukrów przed lub podczas aktywności, skazując się na gorszą regenerację oraz prawdopodobnie gorsze wyniki sportowe, aniżeli przy odpowiednim żywieniu okołotreningowym. Tempo wchłaniania może być także zależne od indywidualnych predyspozycji takich jak masa ciała, jednak tutaj potrzebnych jest więcej badań (Ijaz et. al., 2024).

Tak jak stosujemy periodyzację w treningu, czyli okresy w całym roku o wzmożonej aktywności przeplatane tymi o niskiej intensywności oraz regeneracji, bardzo popularne staje się pojęcie periodyzacji żywieniowej (celowane żywienie okresowe) i stosowanie różnych strategii w zależności od sprecyzowanych celów treningowych. Według Jeukendrup ważne jest, aby te procedury były strategiczne i planowane pod konkretne cele. Jest to dopasowywanie żywienia do aktualnej sytuacji treningowej w celu zwiększenia adaptacji powysiłkowych mających na celu poprawę wydolności fizycznej. Adaptacje takie mogą zostać wywołane samą dietą na skutek zmian spożywanych składników odżywczych, między innymi poprzez okresowe zwiększanie podaży węglowodanów i odnoszą się do zwiększenia ilości poznanych już transporterów cukrów w enterocytach jak SGLT1 czy zmiany jakościowej mikrobioty jelit (Jeukendrup, 2017).

Umiarkowana aktywność fizyczna sprzyja zachowaniu prawidłowej i zdrowej mikrobioty jelit. Jeśli jednak jest nadmierna i nie zostaje zachowany odpowiedni odpoczynek w celach regeneracyjnych organizmu bardzo często dochodzi do zaburzeń w jej obszarze. Wraz z upośledzeniem bariery jelitowej może dojść do występowania dolegliwości żołądkowo-jelitowych. Kiedy dochodzi stres, antybiotyki,

NLPZ, IPP oraz dieta o modelu zachodnim-układ pokarmowy sportowca jest wystawiony na próbę.

Chore jelita nie są w stanie absorbować składników pokarmowych z pożywienia. Dodatkowo jelita pełnią funkcję immunologiczną, a ich zaburzona praca wiąże się z osłabieniem organizmu oraz częstszymi infekcjami. Budowanie sportowej formy w zdrowiu jest w takich warunkach niemożliwe, dlatego bardzo ważne jest zaopiekowanie się dietą oraz celowaną suplementacją-np. stosowanie probiotyków, jeśli zachodzi taka potrzeba (Marlicz, 2014).

STRATEGIE ŻYWIENIOWE JAKO METODY TRENINGU JELITA WYKORZYSTYWANE PRZEZ SPORTOWCÓW

W oparciu o aktualną wiedzę wyróżniamy 5 metod treningu jelita:

- trening żołądka- trening zdużą ilością płynów
- trening bezpośrednio po posiłku
- trening ze spożyciem dużych ilości węglowodanów podczas wysiłku
- symulacja strategii startowo-żywnieniowej podczas treningu
- zwiększenie ilości węglowodanów w diecie.

Trening żołądka- trening zdużą ilością płynów

Trening zdużą ilością płynów to metoda mająca na celu zredukowanie wzdęć oraz uczucia pełności i przelewania się żołądka podczas trwania aktywności. Dodatkową korzyścią jest lepsza wydajność i komfort trawienny przy wypełnionym żołądku (Brouns, 1993).

Aby jak najlepiej wykorzystać tę metodę, w pierwszej kolejności należy ocenić, ile tracimy potu podczas danej aktywności fizycznej, najlepiej w zbliżonych warunkach atmosferycznych do tych startowych (jeśli przygotowujemy się do konkretnych zawodów). Aby to zrobić konieczne jest zważenie się po porannej toalecie w samej bieliźnie, udanie się na trening oraz po powrocie ponowne ważenie się już po zdjęciu mokrych ubrań oraz osuszeniu się. Dobrze mieć zanotowane, ile płynów zostało przyjętych podczas trwania treningu. Od masy ciała przed treningiem odjąć masę ciała po treningu dodać ilość spożytych płynów. Wynik obliczenia da ubytek masy ciała.

Gdy posiadamy już te informacje, staramy się podczas treningu przyjmować takie ilości płynów, aby nie dopuścić do ubytku masy ciała/nadążać nad przyjmowaniem płynów w ilości odpowiadającej ich utracie. Obecne wytyczne zalecają

spożycie płynów wilości zapobiegającej 2% utratę płynów (2% masy ciała) (Jeu-kendrup, 2017).

Zaleca się regularne spożywanie płynów, np. co ok. 10 minut. Początkowo może sprawiać to problem- od nauczenia się czynności picia do odczuwania dyskomfortu inieznanego wcześniej uczucia, jednak jak pokazują badania powtarzane sesje picia podczas treningów wpływają na poprawienie komfortu żołądkowego isportowiec jest wstanie wzwiązku ztym przyjąć większe ilości płynów (Lambert et. al., 2008).

Trening bezpośrednio po posiłku

Trening bezpośrednio po posiłku polega na rozpoczęciu aktywności krótko po zakończeniu spożywania pokarmów. Zaleca się spożycie produktów lekkostrawnych iwysokowęglowodanowych, jednak początkowe odczucia mogą być bardzo nieprzyjemne. Trawienie wmomencie trwania wysiłku zostaje zaburzone, akrew zprzewodu pokarmowego jest dystrybuowana do pracujących mięśni. Dodatkowo ubiegaczy występuje mechaniczna praca przewodu pokarmowego “góra-dół” wzwiązku zwykonywanym ruchem biegowym oraz wzrasta ciśnienie wjamie brzusznej. Wszystko to może powodować silną potrzebę defekacji, uporczywe gazy czy ból brzucha (Viola, 2010).

Adaptację należy przeprowadzać stopniowo, rozpoczynając od wprowadzenia tej metody przy treningach oniskiej intensywności. Organizm inaczej zareaguje na ten sam pokarm przy różnej intensywności. Efektem fizjologicznym jest szybsze opróżnianie żołądka, redukcja wzdęć iuczucia “przelewania” wżołądka oraz sprawniejsze wykorzystanie energii zwęglowodanów poprzez zwiększoną ich absorpcję. Wszystko to wpływa na zdolności wysiłkowe.

Symulacja strategii startowo-żywieniowej podczas treningu

Symulacja strategii startowej żywieniowej podczas treningu pozwala przygotować odpowiednią strategię na czas zawodów iuniknąć niespodzianek podczas ich trwania. Wtak ważnym momencie, jakim są starty nie powinno się eksperymentować zżywieniem na żadnym zetapów: od kolacji przeddzień wyścigu, śniadania wdnium zawodów czy żywienia wtrakcie.

Jednorazowe próby spożycia wysokich ilości węglowodanów podczas wyścigu/zawodów zazwyczaj kończą się dolegliwościami trawiennymi. Metoda ta ma przyspieszyć opróżnianie żołądka oraz zwiększyć zdolność wchłaniania

węglowodanów, co przekłada się na ich lepszą dostępność dla pracujących mięśni. Szybsze tempo opróżniania żołądka jest ściśle skorelowane ze zwiększeniem zdolności absorpcyjnych i tolerancji cukrów. Uważa się, że nie jest to czynnik ograniczający sam w sobie, jednak w przypadku połączenia wysokiej intensywności, wysokiej temperatury otoczenia, odwodnienia i wysokiej podaży węglowodanów mamy najczęściej do czynienia z występowaniem dolegliwości żołądkowo-jelitowych spowodowanych właśnie spowolnionym opróżnianiem żołądka. Obrazuje to, że trenowanie przewodu pokarmowego podczas treningów jest tak istotne, aby przyzwyczaić go na te warunki (Jeukendrup, 2017, Krakowiak & Nowak 2015).

Podczas takich symulacji testowane są różne produkty i przekąski węglowodanowe tj: galaretki, żele energetyczne, żelki, batoniki rice cakes znane głównie wśród kolarzy, batony energetyczne czy napoje węglowodanowe izotoniczne. Takie testy pozwalają dobrać produkt spełniający indywidualne potrzeby i preferencje sportowca, które są bardzo różnorodne, od smaku i konsystencji produktu do zawartości składników odżywczych.

Metodę tą należy stosować podczas wysiłków o intensywnościach zbliżonych do tych startowych, aby nauczyć przewód pokarmowy trawić pożywienie w momencie jego słabego ukrwienia. Trudności sprawiają również kwestie związane z opakowaniami ich np. otwarciem. Podczas lekkiego biegu nie jest to tak problematyczne, jak to może być podczas szybkiego. To samo dotyczy spożywania napojów węglowodanowych izotoników lub wody. Nie jest prostą czynnością umiejętnie pobrać kubek ze stanowiska odżywczego podczas zawodów i dostarczyć jego zawartość do ust. Wszystkie te kwestie są konieczne do wytrenowania i nie należy zostawiać ich na dzień startu.

Przy wysiłkach ultra trwających od kilku do kilkudziesięciu nawet godzin bardzo częstym i problematycznym zjawiskiem jest tzw. zmęczenie słodkiego smaku, które niekiedy prowadzi nawet do trudności przyjęcia pożywienia podczas intensywnego wysiłku z powodu "zmęczenia" na ten smak (McCubbin et. al., 2016). Pojawia się wtedy duża ochota na potrawy słone lub tłuste. Podczas symulacji startowych zawodnik ma możliwość wypróbować produkty w różnych wariantach smakowych/bez smaku i wybrać te, które będą dla niego odpowiednie. Pozwala to być w pełni przygotowanym na różne okoliczności. Spekuluje się, że zmiany smaku są wynikiem chęci organizmu do utrzymania równowagi chemicznej ustroju. Chęć na słone pokarmy może być odpowiedzią na dużą utratę sodu (Tiller et. al., 2019).

Zwiększenie ilości węglowodanów w diecie

Zwiększenie ilości węglowodanów w diecie i dostosowanie ich do objętości i intensywności treningowej sprzyja zoptymalizowaniu adaptacji wytrzymałościowych. Jest to prosta metoda, wymagająca jedynie delikatnych modyfikacji zależnych od obciążenia treningowego. Ilość węglowodanów w diecie nie powinna być niższa niż 60% całkowitej podaży energii. Metoda ta pozwala zwiększyć wydajność organizmu dzięki lepszej zdolności do wchłaniania węglowodanów, a tym samym lepszej ich dostępności dla pracujących mięśni. Na podstawie badań wykonywanych na zwierzętach wnioskuje się, że zwiększenie podaży węglowodanów od 40% do 70% zwiększa dwukrotnie liczbę transporterów SGLT1 w jelicie cienkim w ciągu 2 tygodni. Prawdopodobne jest, że adaptacje przeprowadzone u pokarmowemu ludzki są tak samo szybkie, jak u innych ssaków (Jeukendrup, 2017).

Przykładowe badanie na kolarzach obrazuje, że wyższa o 100% suplementacja węglowodanami (5g/kg m.c. vs. 10g/kg m.c.) sprzyja stabilniejszemu zachowaniu wydajności, szybszemu powrotowi do homeostazy organizmu po intensywnym wysiłku, a objawy zmęczenia były mniejsze, mimo wykonywania intensywniejszej pracy w porównaniu z badanymi spożywającymi mniejsze ilości węglowodanów. Moc wyjściowa podczas treningu również była większa i została skorelowana z wyższą zawartością glikogenu w mięśniach. Kolarze na diecie wysokowęglowodanowej odnotowali wzrost średniej mocy wyjściowej o 10,7% w porównaniu do 1,6% kolarzy na diecie węglowodanowej (Simenson et. al., 1991).

Trenowanie przy ubogich zapasach glikogenu może być również powodem przetrenowania - zwiększa się ilość wytwarzanych hormonów stresu (kortyzol) oraz występują zaburzenia funkcji immunologicznych (Tiller et. al., 2019).

Zmniejszenie ilości węglowodanów w diecie, mimo ich wyższego wcześniej spożycia przyniesie ten sam efekt - tolerancja i adaptacja do wysokiego spożycia cukrów będzie gorsza i w momencie, gdy sportowiec będzie chciał ich udział znowu zwiększyć np. okresowo tylko podczas zawodów jego układ pokarmowy może zareagować bólem, biegunką lub wymiotami (Jeukendrup, 2017). Istotne jest trzymanie się założeń żywieniowych podczas treningów i nie zmienianie ich tylko na okresy startowe.

Metoda ta może przynieść największą korzyść sportowcom, którzy na co dzień z jakichś powodów stosują dietę o niskiej zawartości węglowodanów lub znacząco je ograniczają i nie pokrywają one zapotrzebowania zgodnie z aktualnymi normami (Murray, 2006).

PROBLEMY ŻOŁĄDKOWO-JELITOWE ADIETA

Wsporcie szuka się nowych diet, metod i alternatyw, które mogłyby realnie podnieść komfort trenowania. Początkowo pojawiający się często wśród sportowców zespół EIGS, czyli dolegliwości żołądkowo-jelitowe (exercise-induced gastrointestinal syndrom) łączono ze spożyciem glutenu, jednak badania na osobach bez celiakii szybko zweryfikowały ten wniosek i dowiedziono, że u osób zdrowych eliminacja ta nie przynosi reakcji pozytywnych, ani negatywnych, więc nie ma konieczności ich wprowadzania. Gliadyna-białko glutenowe obecne m.in. w pszenicy jest tolerowane przez zdrowy organizm, trawione, wydalane i nie wywołuje odpowiedzi zapalnej, a unikanie glutenu nie poprawia funkcji immunologicznych. Koncepcja, która nie ma potwierdzenia w badaniach z udziałem ludzi zdrowych mówi, że połączenie zwiększonej przepuszczalności przewodu pokarmowego spowodowanego wysiłkiem fizycznym z wyższym spożyciem glutenu może powodować większe przenikanie gliadyny przez barierę nabłonkową. Prawdopodobne pozytywne reakcje uposzczonych osób stosujących diety bezglutenowe były spowodowane ograniczeniem FODMAP znajdujących się w produktach zbożowych, poprawa nawyków żywieniowych, zwiększonej świadomości co do wyboru artykułów żywnościowych, rezygnacja z żywności wysoko przetworzonej, jednak za dolegliwości żołądkowo-jelitowe nie odpowiada gluten sam w sobie. Zmiany zainicjowane w diecie mogą wpływać pozytywnie na postrzeganie swojego stanu zdrowia oraz wydolności fizycznej; tzw. efekt placebo (Lis, 2019).

FODMAP jest to liczna grupa łatwo fermentujących, krótkołańcuchowych węglowodanów. Należą do niej oligosacharydy, disacharydy, monosacharydy oraz alkohole cukrowe-poliole. Są one słabo wchłaniane w jelicie cienkim i ulegają fermentacji przez bakterie okrężnicy w jelicie grubym powodując powstawanie uporczywych gazów: wodoru, dwutlenku węgla lub metanu. Dieta z ich ograniczeniem okazuje się być dla części sportowców jedną z metod redukujących dolegliwości żołądkowo-jelitowe. Jest to dieta przeznaczona dla osób borykających się z zespołem jelita drażliwego-IBS i jest skierowana na kontrolę lub eliminację objawów ze strony przewodu pokarmowego. Została stworzona przez badaczy Uniwersytetu Monash w Australii i jej skuteczność szacowana jest na 75%. Składa się z trzech etapów i polega na czasowym ograniczeniu w diecie grup węglowodanów fermentujących. Pierwsza faza trwa 2-6 tygodni i eliminuje produkty o najwyższej zawartości FODMAP, druga faza zwana fazą reintrodukcji trwa od 6 do 8 tygodni i polega na stopniowym wprowadzaniu produktów o wyższej zawartości FODMAP według specjalnego schematu. Faza trzecia polega na określeniu

indywidualnej tolerancji na poszczególne FODMAP ima w założeniu być stosowana długoterminowo. Jest to dieta eliminacyjna, wymagająca dla chorego inie może być stosowana długoterminowo jako środek leczniczy, szczególnie faza pierwsza, która jest uboga wwiele korzystnych dla naszego zdrowia produktów izawartych w nich składników odżywczych (Szpunar, 2023).

Uzdrowych osób część tych krótkołańcuchowych węglowodanów jest słabo trawiona, ale zazwyczaj objawy są znikome inie powodują pogorszenia czy zmian w jakości życia. U tych intensywnie trenujących zaś, niestrawione części pokarmu mogą zwiększać obciążenie osmotyczne - gromadzenie się wody wjelicie cienkim wywołując luźne stolce lub biegunki. Dodatkowo chcąc spełnić wysokie zapotrzebowanie na węglowodany, sportowcy mogą spożywać duże ich ilości zzawartością FODMAP itym nasilać wzdęcia, bóle brzucha, odbijanie, nudności, zgagę izmiany wrytmie wypróżnień (Montero-Carrasco, 2024). Jest to również zainicjowane przez zwiększone ciśnienie osmotyczne wjelicie cienkim (Lis et. al., 2019). Dolegliwości górnego idolnego odcinka przewodu pokarmowego wIBS pokrywają się z tymi zgłaszanymi przez sportowców. Zastosowanie eliminacji m.in. jednego bogatego wfodmap pokarmu przyczyniło się do poprawy samopoczucia izmniejszenia dolegliwości u85% badanych. Najczęstszej eliminacji poddano laktozę (86,5%), GOS (23,9%), fruktozę (23%), następnie fruktany (6,2%) ipolioli (5,4%) (Lis, 2019). Źródłem laktozy ifruktozy są nawykowo spożywane produkty mleczne oraz owoce będące produktami bardzo korzystnymi zpunktu widzenia dietetycznego iczęsto nie upatruje się w nich problemu, jednak mają wysoki potencjał fermentujący, który daje osobie znać przy wysokich aktywnościach. Nie ma jednak konieczności, aby wcodziennej diecie tych produktów unikać, gdyż bez obecności intensywnych treningów nie wyzwalają objawów typowych dla EIGS. Potencjał wyzwalający obserwuje się przed lub podczas forsownych wysiłków, np. zawodów sportowych. Wysokie spożycie laktozy ifruktozy może być jedyną modyfikacją wdiecie itylko w okresie startowym. Dowody sugerują, że ograniczenia wspożyciu tych pokarmów będzie konieczna tylko na 1-3 dni przed zawodami oraz w ich trakcie, pamiętając, że przewód pokarmowy potrzebuje minimum 24h na eliminację krótkołańcuchowych węglowodanów. Postartowa regeneracja wymaga niezakłóconego, odpowiedniego dostarczenia składników odżywczych itutaj również warto rozważyć zastosowanie tej metody. Produkty specjalnego przeznaczenia dla sportowców tj. batony, żele energetyczne, proszki itabletki elektrolitowe na bazie słodzików są źródłem wysoko fermentujących polioli, więc muszą być rozważnie wprowadzane i/lub wyprowadzane z diety

lub konieczne jest znalezienie dla nich alternatywy np. w postaci produktów na bazie cukru (Lis, 2019).

GOS (galaktooligosacharydy) ifruktany to węglowodany, których niestrawione cząsteczki są fermentowane przez bakterie jelita grubego. Ich wchłanianie w jelicie cienkim jest utrudnione przez brak absorpcji. Fermentacja ta jest sytuacja normalną dla zdrowego człowieka i ważną częścią trawienia. GOS ifruktany są uważane za prebiotyki- stanowią pożywkę dla bakterii i promują ich wzrost. Dieta wnie bogata sprzyja wzrostowi grup bakterii korzystnych dla naszego zdrowia tj: Bifidobacterium oraz Lactobacilli (Szpunar-Radkowska, 2023). Długotrwałe ograniczenia dietetyczne z ich udziałem mogą negatywnie wpłynąć na stan mikrobioty jelitowej, ale kilkudniowe eliminacje lub te dotyczące paru posiłków nie wydają się być niepokojące.

Diety eliminacyjne zawsze niosą ze sobą obawy związane z niedoborami pokarmowymi. W przypadku sportowców, którzy mają wysokie zapotrzebowanie na energię oraz składniki odżywcze jest to sytuacja niesprzyjająca i mogąca wpływać bezpośrednio na pogorszenie parametrów zdrowotnych, wydolności fizycznej czy adaptacji do treningów. W badaniach udowodniono, że stosowanie diety bezglutenowej sprzyja niedoborom żelaza, cynku, witamin z grupy B, kwasu foliowego, witaminy D, magnezu, wapnia oraz błonnika, który jest niezbędny do utrzymania zdrowia m.in. mikrobioty jelitowej. Bez znajomości produktów oraz bez braku wiedzy jak komponować odżywczą dietę bezglutenową, taki sposób odżywiania nie będzie wspierał wyjątkowych potrzeb dietetycznych osób aktywnych i może stać się nie tylko początkiem niedoborów pokarmowych, ale również predykatorem do zaburzeń ortorektycznych i izolacji społecznych (Lis, 2019).

Dieta Low Fodmap coraz częściej staje się uzupełnieniem dla różnych metod w treningu jelita. Istnieją indywidualne sytuacje, kiedy adaptacja przewodu pokarmowego na zwiększone ilości węglowodanów nie przynosi zamierzonych rezultatów, mimo stopniowego i łagodnego ich wprowadzania, ponieważ w diecie cały czas występują pokarmy bogate w cukry łatwo fermentujące i organizm odpowiedzi na nie źle reaguje.

Może być to indywidualna odpowiedź organizmu na duże ilości Fodmap przed lub w trakcie ciężkich sesji treningowych i nie mieć podłoża chorobotwórczego, związanego np. z chorobami jelit, SIBO czy IBS. Warto zaznaczyć jednak, że 22% sportowców boryka się z przypadłością jaką jest IBS (Lis, 2019). Protokół eliminowania szkodliwych produktów ma tutaj jeszcze większe uzasadnienie i może obejmować dłuższy czas trwania, ponieważ długotrwałe bagatelizowanie problemu może zaważyć na zdrowiu sportowca.

MIKROBIOTA JELITOWA I JEJ ZNACZENIE

Nie bez znaczenia jest też mikrobiota jelitowa człowieka, zaliczana do jednego najbardziej zróżnicowanych gatunkowo ekosystemów. Badania wskazują, że liczba ludzkich drobnoustrojów jelitowych wynosi ok. 10¹⁴ komórek, co jest 10-krotnością liczby komórek organizmu. Szacuje się, że istnieje możliwość występowania tam aż 1500 różnych gatunków bakterii. Nie można uściślić, jakie drobnoustroje i w jakiej ilości powinny być obecne w jelitach człowieka, ani też jaki „profil” drobnoustrojów jest wskazany lub niewskazany dla zdrowia. Skład mikrobioty jelitowej jest kwestią niezwykle indywidualną. Zracji na tę niepowtarzalność często porównywany jest do odcisku palca. Niemniej, stwierdza się, że obecność niektórych gatunków może predysponować do rozwoju danych jednostek chorobowych, np. nieswoistego zapalenia jelit, nowotworów, alergii czy otyłości (Binek, 2012).

Mikrobiota kształtuje się już w okresie życia płodowego, jednak intensywna kolonizacja następuje w chwili porodu. Istotne znaczenie dla kształtowania mikrobioty ma także sposób karmienia w okresie noworodkowym (Gałęcka et. al., 2016). W połowie trzeciego roku życia dziecka profil mikrobioty przypomina już ten u dorosłego człowieka, co nie zmienia faktu, że przez kolejne lata można go modyfikować. Skład mikrobioty jelitowej zależy głównie od rodzaju i składu spożywanego pokarmu oraz wieku osobniczego (Kuśmierska, 2014). Zmiana ilości bakterii w jelitach jest procesem normalnym dla organizmu. Na florę jelitową wpływają również przebyte infekcje, stosowana antybiotykoterapia, dostępność składników substratów do wzrostu mikroflory, interakcje z układem immunologicznym, pH treści jelit, metabolity bakteryjne, stan jelit (w tym przebyte choroby układu pokarmowego), atakże miejsce zamieszkania i styl życia. Negatywnie na skład mikrobioty może oddziaływać przesadna higiena w wieku niemowlęcym, stosowanie antybiotyków, które w znacznym stopniu zabija szkodliwe jak i pożyteczne bakterie oraz stres będący przyczyną licznych chorób (Lavin et. al., 2015). Oddziaływanie mikrobioty na zdrowie oraz fizjologię człowieka jest szerokie i wielokierunkowe. W ludzkim organizmie w sposób ciągły ma miejsce komunikowanie się między sobą komórek bakterii i komórek gospodarza (cross-talk process). To właśnie ten mechanizm warunkuje homeostazę organizmu i odpowiada za jego zdrowie (Olszewska et. al., 2012).

PROBIOTYKI ICH WPŁYW NA POPRAWĘ MIKROBIOTY JELITOWEJ

Dodatkowym wsparciem udowodnionym w badaniach jest stosowanie probiotyków, które mogą być podawane do organizmu drogą przewodu pokarmowego w formie leku, suplementu, atakże produktu spożywczego (Mizera & Mizera, 2022). Bez względu na źródło pochodzenia mają wspólne działanie, czyli wywieranie korzystnych skutków zdrowotnych. W przypadku osób z jelitem drażliwym- IBS lekarze rekomendują je w swojej codziennej praktyce w celu modulacji mikrobioty jelitowej. Modulacja mikrobioty przewodu pokarmowego za pomocą probiotykoterapii staje się profilaktyką zaburzeń czynnościowych przewodu pokarmowego, także tych, które są spowodowane wysiłkiem fizycznym inazywane jest nowoczesnym leczeniem przyczynowym, które może mieć realne przełożenie na wyniki sportowe. Zastosowanie mają preparaty jednoszczepowe oraz te zawierające wiele gatunków lub szczepów bakterii. Probiotyki wieloszczepowe skutecznie działają na kilku różnych poziomach układu pokarmowego imogą przynosić korzyści w zaburzeniach czynnościowych u osób aktywnych poprzez polepszenie stanu bariery jelitowej oraz modulowanie odpowiedzi zapalnej uaktywnych mężczyzn. Wykazano, że podawanie szczepu *Lactobacillus casei* 6,5 mld CFU przez 16 tygodni skróciło u 36% badanych czas trwania zakażenia górnych dróg oddechowych w porównaniu do grupy kontrolnej przyjmującej placebo oraz, że liczba tych epizodów uległa zmniejszeniu o połowę. *Lactobacillus fermentum* w dawce 1 mld CFU stosowane przez 11 tygodni skróciło u 31% badanych mężczyzn czas trwania zakażenia dróg oddechowych wraz z mniejszym występowaniem objawów żołądkowo-jelitowych. Ubiegaczy długodystansowych szczep ten skrócił czas trwania infekcji o ponad połowę. *Lactobacillus rhamnosus* podawane przez 12 tygodni 141 maratończykom pozytywnie wpłynęło na mniejsze odczuwanie dolegliwości ze strony układu pokarmowego oraz wykazało wzrost stężenia antyoksydantów we krwi (Kekkonen et. al., 2007).

Jak widać, probiotyki wpływają pozytywnie na czas pasażu jelitowego i zapewniają właściwy rozwój mikrobioty zasiedlającej organizm (Hopkins, 2002, Tokarz-Deptuła & Deptuła 2017).

By probiotyk spełnił prozdrowotną rolę w organizmie musi spełnić warunki (Ishizuka et al., 2016, Olszewska et. al., 2012):

- ludzkie pochodzenie,
- historia bezpiecznego stosowania,
- korzystne oddziaływanie na zdrowie człowieka,

- zdolność do przeżycia, wzrostu i aktywności metabolicznej w przewodzie pokarmowym,
- odporność na działanie kwasu solnego i żółci,
- konkurencyjność w stosunku do mikroflory zasiedlającej ekosystem jelitowy,
- aktywność antagonistyczna w stosunku do patogenów (np. *Salmonella* spp., *Clostridium difficile*, *Helicobacter pylori*).

ZAKOŃCZENIE

Jako że organizm podczas uprawiania wysiłku, zwłaszcza o charakterze wytrzymałościowym znacząco obciąża układ pokarmowy, osoby trenujące powinny zwrócić szczególną uwagę na trening jelita. Odpowiednie przygotowanie jelit pozwoli znacznie szybciej i łatwiej dostarczać substraty energetyczne do pracujących mięśni, a nie będzie narażało sportowca na niepotrzebne bóle brzucha, biegunki i inne problemy jelitowo-żołądkowe. Warto przy tym stosować celowaną probiotykoterapię, która istotnie poprawia funkcjonowanie mikrobioty jelitowej, a tym samym wpływają na usprawnienie pracy jelit, lepsze trawienie oraz finalnie samopoczucie sportowca (Mizera & Mizera, 2022).

Literatura

- Benardot, D. (red.). (2019). *Żywnienie w sporcie* (M. Schlegel-Zawadzka & Z. Szyguła, Tłum., Wyd. 2). Edra Urban & Partner.
- Binek, M. (2012). Mikrobiom człowieka – zdrowie i choroba. *Postępy Mikrobiologii*, 51(1), 27–36.
- Brouns, F., & Beckers, E. (1993). Is the gut an athletic organ? *Sports Medicine*, 15, 242–257.
- Gałęcka, M., Bartnicka, A., Szewc, M., & Mazela, J. (2016). Kształtowanie się mikrobioty jelitowej uniemożliwia warunkiem zachowania zdrowia. *Standardy Medyczne. Pediatria*, 13, 359–367.
- Hopkins, M. J., Sharp, R., & Macfarlane, G. T. (2002). Variation in human intestinal microbiota with age. *Digestive and Liver Disease*, 34, 12–28.

- Ijaz, A., Collins, A. J., Moreno-Cabañas, A., Bradshaw, L., Hutchins, K., Betts, J. A., Podlogar, T., Wallis, G. A., & Gonzalez, J. T. (2024). Exogenous glucose oxidation during exercise is positively related to body size. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 35(1), 12–23. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2024-0097>
- Ishizuka, I. E., Constantinides, M. G., Gudjonson, H., & Bendelac, A. (2016). The innate lymphoid cell precursor. *Annual Review of Immunology*, 34, 299–316.
- Jeukendrup, A. E. (2017a). Periodized nutrition for athletes. *Sports Medicine*, 47(Suppl 1), 51–63. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0694-2>.
- Jeukendrup, A. E. (2017b). Training the gut for athletes. *Sports Medicine*, 47(Suppl 1), 101–110.
- Kekkonen, R. A., Vasankari, T. J., Vuorimaa, T., et al. (2007). The effect of probiotics on respiratory infections and gastrointestinal symptoms during training in marathon runners. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17(4), 352–363.
- Krakowiak, O., & Nowak, R. (2015). Mikroflora przewodu pokarmowego człowieka – znaczenie, rozwój, modyfikacje. *Postępy Fitoterapii*, 3, 193–200.
- Kuśmierska, A., & Fol, M. (2014). Właściwości immunomodulacyjne i terapeutykne drobnoustrojów probiotycznych. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 95, 529–540.
- Lambert, G. P., Lang, J., Bull, A., Eckerson, J., Lanspa, S., & O'Brien, J. (2008). Fluid tolerance while running: Effect of repeated trials. *International Journal of Sports Medicine*, 29(11), 878–882. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038620>.
- Lavin, Y., Mortha, A., Rahman, A., & Merad, M. (2015). Regulation of macrophage development and function in peripheral tissues. *Nature Reviews Immunology*, 15, 731–744.
- Lis, D. M. (2019a). Exit gluten-free and enter low FODMAPs: A novel dietary strategy to reduce gastrointestinal symptoms in athletes. *Sports Medicine*, 49(Suppl 1), 87–97. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-01034-0>.

- Lis, D. M., et al. (2019b). Dietary practices adopted by track-and-field athletes: Gluten-free, low FODMAP, vegetarian, and fasting. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(2), 236–245.
- Marlicz, W. (2014). Wysięk fizyczny amikroflora przewodu pokarmowego—Znaczenie probiotyków wdiecie sportowców. *Forum Zaburzeń Metabolicznych*, 5(3), 129–140.
- McCubbin, A. J., Cox, G. R., & Broad, E. M. (2016). Case study: Nutrition planning and intake for Marathon des Sables – Aseries of five runners. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 26(6), 581–587. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2016-0016>.
- Mizera, K., & Mizera, J. (2022). Znaczenie irola probiotyków wżywieniu człowieka oraz wprofilaktyce ileczeniu wybranych schorzeń. In Z. Goluch (Red.), *Współczesne trendy wtechnologii żywności* (s. 129–142).
- Montero-Carrasco, K., Arias-Tellez, M. J., & Soto-Sánchez, J. (2024). Use of carbohydrate (CHO), gluten-free, and FODMAP-free diets to prevent gastrointestinal symptoms in endurance athletes: Asystematic review. *Nutrients*, 16(22), 3852. <https://doi.org/10.3390/nu16223852>.
- Murray, R. (2006). Training the gut for competition. *Current Sports Medicine Reports*, 5(3), 161–164.
- Olszewska, J., & Jagusztyn-Krynicka, E. (2012). Human Microbe Project – mikroflora jelit oraz jej wpływ na fizjologię izdrowie człowieka. *Postępy Mikrobiologii*, 51(4), 243–256.
- Simonsen, J. C., Sherman, W. M., Lamb, D. R., Dernbach, A. R., Doyle, J. A., & Strauss, R. (1991). Dietary carbohydrate, muscle glycogen, and power output during rowing training. *Journal of Applied Physiology*, 70(4), 1500–1505. <https://doi.org/10.1152/jappl.1991.70.4.1500>.
- Skrzydło-Radomańska, B., & Wronecki, J. (2019). Czy mikrobiotę jelitową można skutecznie modyfikować? *Varia Medica*, 3(1), 18–26.
- Szpunar-Radkowska, H. (2023). *Żywienie, diagnostyka ileczenie wSIBO*. PZWL Wydawnictwo Lekarskie.
- Tiller, N. B., Roberts, J. D., Beasley, L., et al. (2019). International Society of Sports Nutrition Position Stand: Nutritional considerations for single-stage ultra-marathon training and racing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16, 50.

- Tokarz-Deptuła, B., & Deptuła, W. (2017). Probiotics and mammalian gastrointestinal immune system. *Postępy Mikrobiologii*, 56(2), 157–162.
- Viola, T. A. (2010). Evaluation of the athlete with exertional abdominal pain. *Current Sports Medicine Reports*, 9(2), 106–110.
- Wolfgang, F. (Red.). (2020). Optymalne żywienie wsparcie. Dieta dostosowana do dyscypliny sportu (J. Wyka, Tłum.). MedPharm Polska.

GUT TRAINING AND ITS IMPACT ON ATHLETIC PERFORMANCE PARAMETERS

Abstract: The phenomenon of gut training, i.e. the adaptation process aimed at improving tolerance to food and beverages consumed during physical exercise, is a relatively new issue. The article is a review and analysis of 30 scientific publications, Polish and foreign. Since the intestines, like the entire digestive system, are burdened during physical exercise, the role and importance of gut training for athletes is described. Attention is drawn to the role of gastric emptying and the elements that affect this process are listed. The influence of physical activity and sports training on the adaptation of the digestive tract of people undertaking physical activity is also described. In the following part, nutritional strategies as methods of gut training used by athletes are characterized in detail. The intestinal microbiota and its importance in the entire process of gut training are also described, as well as probiotics and their influence on intestinal function.

Keywords: gut training, intestines, intestinal microflora, probiotics, healthy diet.

WERONIKA ŚCIUBEŁ

mgr, Uniwersytet Medyczny w Łodzi

e-mail: weronika.sciubel@student.umed.lodz.pl

ANNA RYBARCZYK-SZWAJKOWSKA

dr n. o zdrowiu, Uniwersytet Medyczny w Łodzi

e-mail: anna.rybarczyk@umed.lodz.pl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8751-130X>

PACJENT W CENTRUM KOORDYNACJI. JAK ŚWIADCZENIOBIORCY Z WOJEWÓDZTWA ŁÓDZKIEGO OCENIAJĄ WDROŻENIE OPIEKI KOORDYNOWANEJ W PODSTAWOWEJ OPIECE ZDROWOTNEJ?

Streszczenie: System ochrony zdrowia w Polsce od wielu lat zmaga się z licznymi problemami strukturalnymi i organizacyjnymi, obejmującymi m.in. długi czas oczekiwania na świadczenia, niedobory kadrowe oraz ograniczoną dostępność do specjalistycznych usług medycznych. Wyniki Globalnego Badania Nastrojów Społecznych IRIS (2023) roku ukazały skalę niezadowolenia pacjentów – aż 79% respondentów w Polsce negatywnie ocenia funkcjonowanie systemu ochrony zdrowia. Dla porównania, równie wysokie wskaźniki niezadowolenia odnotowano w takich krajach jak Bułgaria (83%) i Panama (86%). Raport Najwyższej Izby Kontroli (2022) wskazuje na pilną potrzebę restrukturyzacji systemu poprzez wzmocnienie roli podstawowej opieki zdrowotnej (POZ), optymalne wykorzystanie zasobów, promowanie działań profilaktycznych oraz poprawę jakości koordynacji leczenia. W odpowiedzi na te wyzwania, w Polsce rozpoczęto wdrażanie modelu opieki koordynowanej w POZ. Celem badania była ocena poziomu wiedzy pacjentów oraz ich opinii na temat funkcjonowania opieki koordynowanej, a także analiza postrzeganych efektów jej wdrożenia w regionie łódzkim. Badanie przeprowadzono w okresie listopad 2024 – marzec 2025 wśród 382 osób dorosłych (227 kobiet i 155 mężczyzn) zamieszkujących województwo łódzkie. Zastosowano autorski kwestionariusz ankiety zawierający pytania dotyczące świadomości pacjentów w zakresie opieki koordynowanej, oceny zalet i wad programu oraz zauważalnych zmian po jego wdrożeniu. Analiza wyników wykazała istotne braki w zakresie wiedzy społecznej na temat opieki koordynowanej – jedynie 38% respondentów (144 osoby) zadeklarowało, że zna ten model świadczenia usług zdrowotnych. Pozostałe 62% (238 osób) nie posiadało wiedzy na jego temat. Wśród osób zaznajomionych z pojęciem opieki koordynowanej dominowały pozytywne opi-

nie, szczególnie w kontekście poprawy jakości leczenia i większego dopasowania świadczeń do indywidualnych potrzeb pacjenta. Kluczowym elementem programu, ocenianym najwyżej, była funkcja koordynatora opieki – osoby wspierającej pacjenta w organizacji procesu leczenia, w tym planowaniu wizyt i badań oraz poruszaniu się po systemie ochrony zdrowia. Respondenci wskazywali również na umiarkowane zmiany w funkcjonowaniu systemu po wdrożeniu programu, takie jak wzrost znaczenia edukacji zdrowotnej pacjenta i lepsza organizacja ścieżki leczenia. Pomimo pozytywnych aspektów, wielu pacjentów nie zauważyło istotnych, systemowych przekształceń. Wyniki badania potwierdzają konieczność intensyfikacji działań informacyjnych i edukacyjnych na temat opieki koordynowanej oraz dalszego rozwoju tego modelu w warunkach polskich. Opieka koordynowana stanowi realną szansę na zwiększenie efektywności systemu ochrony zdrowia, poprawę dostępności do świadczeń oraz wzmocnienie roli pacjenta jako aktywnego uczestnika procesu terapeutycznego. Rezultaty uzyskane w województwie łódzkim mogą stanowić punkt wyjścia do dalszych, ogólnopolskich analiz w tym obszarze.

Słowa kluczowe: opieka koordynowana, polski system ochrony zdrowia, pacjent, podstawowa opieka zdrowotna.

WSTĘP

Polski system ochrony zdrowia od wielu dekad zмага się z licznymi trudnościami, wśród których wymienia się m.in. nadmierną długość oczekiwania na świadczenia medyczne, bariery finansowe oraz niedobór kadry medycznej (Borkowska, 2019). Fundacja Watch Health Care monitorująca dostęp do świadczeń podaje, że średni czas oczekiwania w Polsce wynosi ponad trzy miesiące (Bogdan, Owczarczyk, Żuk, Prusaczyk i Karczmarz, 2023). Tak długi czas oczekiwania przekłada się na niski poziom satysfakcji pacjentów z funkcjonowania systemu ochrony zdrowia. Według badań Centrum Badania Opinii Społecznej (CBOS) 74% Polaków jest niezadowolonych z działania systemu, a jedynie co czwarty deklaruje zadowolenie (Centrum Badania Opinii Społecznej, 2016).

Odpowiedzią na wyzwania stojące przed polskim systemem ochrony zdrowia jest wprowadzenie modelu opieki koordynowanej (OK), który stanowi istotny element reformy podstawowej opieki zdrowotnej w Polsce. Model opieki koordynowanej w POZ został wprowadzony pilotażowo w 2018 roku w ramach projektu POZ Plus, realizowanego przez Narodowy Fundusz Zdrowia, a jego pełne wdrożenie rozpoczęto od października 2022 roku (Narodowy Fundusz Zdrowia, 2022). Opieka koordynowana zakłada, że lekarz POZ we współpracy z zespołem medycznym koordynuje proces diagnostyczno-terapeutyczny pacjenta, organizując zarówno badania diagnostyczne, konsultacje specjalistyczne, jak i działania edukacyjne oraz profilaktyczne. Kluczowym elementem jest indywidualny plan

opieki zdrowotnej (IPOM) oraz udział koordynatora, który wspiera pacjenta w całym procesie leczenia (Bogdan i in., 2023).

Zgodnie z definicją Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), opieka koordynowana to „usługi medyczne zarządzane i dostarczone osobom w sposób zapewniający uzyskanie kontinuum promocji zdrowia, zapobiegania chorobom, diagnozy, leczenia, zarządzania chorobami, rehabilitacji oraz paliatywnych usług medycznych, na różnych poziomach oraz w różnych miejscach systemu ochrony zdrowia, zgodnie z zapotrzebowaniem, w okresie całego życia i w formie stałej dyskusji z pacjentami” (Bogdan i in., 2023). Europejskie Biuro WHO (WHO EURO) definiuje opiekę koordynowaną jako „konceptę świadczeń związanych z diagnozowaniem, leczeniem, opieką, rehabilitacją i promocją zdrowia w wymiarze nakładów, realizacji i organizacji świadczeń oraz zarządzania” (Kozieł, Kononiuk i Wiktorzak, 2017). Z kolei Polskie Towarzystwo Koordynowanej Opieki Zdrowotnej (PTKOZ) określa ją jako „zorganizowane działania uczestników systemu mające na celu osiągnięcie wysokiej efektywności kosztowej świadczeń, jakości opieki medycznej oraz ciągłości obsługi pacjenta” (Polskie Towarzystwo Koordynowanej Opieki Zdrowotnej, 2024). Każda z przytoczonych definicji podkreśla kluczową cechę tego modelu – ciągłość opieki. Może się ona odnosić do ciągłości relacji między pacjentem a świadczeniodawcą, ciągłości leczenia, informacji oraz organizacyjnej (Bogdan i in., 2023). Ciągłość relacji zakłada, że pacjent pozostaje pod opieką tego samego świadczeniodawcy tak długo, jak to możliwe. Ciągłość leczenia oznacza wspólne ustalanie celów terapeutycznych, których zmiana wymaga uzgodnienia między personelem. Ciągłość informacji dotyczy dostępu wszystkich członków zespołu POZ do danych medycznych pacjenta, a ciągłość organizacyjna oznacza brak wydłużenia czasu oczekiwania przy przekierowaniu do specjalisty.

Opieka koordynowana w POZ ma umożliwić odwrócenie piramidy świadczeń poprzez przeniesienie części opieki z lecznictwa szpitalnego do podstawowej opieki zdrowotnej i ambulatoryjnej opieki specjalistycznej (Schrijvers, 2017). Celem badania była ocena poziomu wiedzy pacjentów oraz ich opinii na temat funkcjonowania opieki koordynowanej, a także analiza postrzeganych efektów jej wdrożenia w regionie łódzkim.

MATERIAŁY I METODY

Badanie zostało przeprowadzone w okresie od listopada 2024 roku do marca 2025 roku za pomocą autorskiego kwestionariusza ankiety, który został podzielony na siedem następujących części:

- Część I – „Ogólna”, w której znalazły się pytania dotyczące wiedzy respondentów na temat opieki koordynowanej, programów opieki koordynowanej realizowanych w Polsce, opinii na temat funkcjonowania opieki koordynowanej w polskim systemie ochrony zdrowia, a także zalet z wprowadzenia tego modelu.
- Część II – „Pacjenci w modelu opieki koordynowanej” – przeznaczona dla osób poddanych opiece koordynowanej, w której respondenci byli pytani o chorobę w związku, z którą zostali poddani opiece koordynowanej, Indywidualny Plan Opieki Medycznej, a także współpracę z koordynatorem.
- Część III – „Pacjenci, którzy nie korzystali z modelu opieki koordynowanej”, która sprawdzała wiedzę respondentów, którzy nie byli objęci opieką koordynowaną, na temat Indywidualnego Planu Opieki Medycznej oraz funkcji koordynatora, jak również zawierała pytania wymagające wyrażenia opinii.
- Część IV – „Zmiany w systemie ochrony zdrowia”, na którą składały się pytania dotyczące zmian jakie nastąpiły w systemie ochrony zdrowia po wprowadzeniu opieki koordynowanej.
- Część V – „Koordynowana opieka nad kobietą w ciąży”, w której zostały zawarte pytania oceniające rozpowszechnienie programu, ramy jego funkcjonowania, ale również oceniające założenia KOC (w niniejszej pracy, wyniki z tego obszaru nie zostały omówione).
- Część VI „Kompleksowa Opieka nad Pacjentem po Zawałe Serca „KOS-zawał”, na którą składały się pytania dotyczące wiedzy na temat programu, jego rozpowszechnienia oraz oceniające główne założenia KOS-zawał (w niniejszej pracy, wyniki z tego obszaru nie zostały omówione).
- Część VII – „Metryczka”, w której badani zostali zapytani o płeć, wiek, wykształcenie oraz miejsce zamieszkania.

Kwestionariusz ankiety dostępny był zarówno w wersji papierowej jak i elektronicznej z wykorzystaniem platformy Microsoft Forms. Aby dotrzeć do jak największej liczby pacjentów, którzy korzystali z modelu opieki koordynowanej,

została wysłana prośba do 71 placówek POZ, z terenu województwa łódzkiego, o możliwość przeprowadzenia badania.

Badanie objęło łącznie 382 osoby zamieszkujące województwo łódzkie, wśród których 59% stanowiły kobiety, a 41% - mężczyźni. Najczęściej w badaniu brały udział osoby z przedziału wiekowego 18-29 lat (29%), na drugim miejscu pod względem częstotliwości znalazły się osoby w wieku 30-39 lat, które stanowiły 25% populacji badanej. Badani w wieku 40-49 lat stanowili 19% populacji, natomiast 17% stanowiły osoby należące do kategorii wiekowej 50-59 lat. Najmniejsza liczba osób biorących udział w badaniu należała do przedziału wiekowego 60-69 lat oraz powyżej 70 lat, stanowili oni odpowiednio 6% i 4% badanych.

Osoby badane najczęściej posiadały wykształcenie średnie – 40% osób, rzadziej wyższe - 30%. Osoby z wykształceniem zasadniczo zawodowym stanowiły 21% populacji badanej. Najmniejszą grupę stanowiły osoby z wykształceniem podstawowym – 9%.

Najczęściej w badaniu brali udział mieszkańcy miast od 50 tys. do 150 tys. mieszkańców oraz miast od 150 tys. do 500 tys. mieszkańców, którzy stanowili odpowiednio 27% i 24% populacji badanej. Mieszkańcy wsi i miast do 50 tys. mieszkańców stanowili taką samą grupę badanych – 20%. Najrzadziej w badaniu brali udział mieszkańcy miast powyżej 500 tys. mieszkańców, którzy stanowili 9% populacji badanej.

Tabela 1. Charakterystyka respondentów

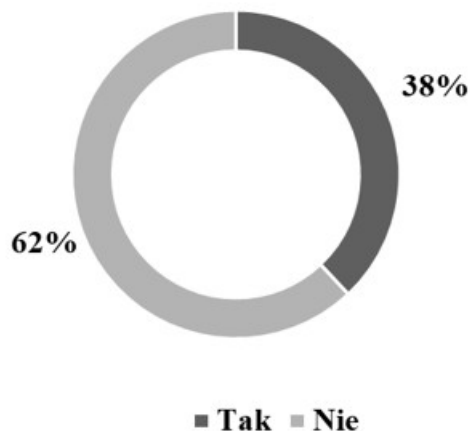
Płeć		Wykształcenie	
Kobiety	59%	Podstawowe	9%
		Zasadniczo Zawodowe	21%
Mężczyźni	41%	Średnie	40%
		Wyższe	30%
Wiek		Miejsce zamieszkania	
18-29 lat	29%	Wieś	20%
30-39 lat	25%	Miasto do 50 tys. mieszkańców	20%
40-49 lat	19%	Miasto 50-150 tys. mieszkańców	27%
50-59 lat	17%	Miasto 150-500 tys. mieszkańców	24%
60-69 lat	6%	Miasto powyżej 500 tys. mieszkańców	9%
powyżej 70 lat	4%		

Źródło: opracowanie własne.

WYNIKI BADAŃ

Spośród 382 badanych 144 osób wie czym jest opieka koordynowana, stanowią oni 38% populacji badanej, pozostałe 238 osób (62% badanych) deklaruje brak wiedzy.

Wykres 1. Liczba badanych, wyrażona w procentach, deklarująca wiedzę lub jej brak na temat opieki koordynowanej.



Źródło: Opracowanie własne.

Badani deklarujący wiedzę na temat opieki koordynowanej definiowali ją poprawnie, najczęściej wskazując na aspekt współpracy jaka następuje pomiędzy personelem medycznym, personelem medycznym a koordynatorem oraz personelem medycznym a samym pacjentem. Uszczegółowiając swoją wypowiedź pacjenci kładli nacisk przede wszystkim na współpracę lekarza POZ ze specjalistami, lekarza POZ z pielęgniarką POZ i dietetykiem. Istotnym elementem zawartym w udzielonych odpowiedziach była współpraca pacjenta z koordynatorem. Ankietowani definiując opiekę koordynowaną poprzez współpracę wyżej wymienionych osób zaznaczali, że współpraca ta ma prowadzić do lepszej jakości opieki i zapewnić pacjentom opiekę bardziej kompleksową.

Drugą najczęściej wskazywaną cechą w definicjach opieki koordynowanej, układanych przez badanych, była kompleksowość opieki, a dokładniej kompleksowa opieka i pomoc jakie otrzymuje pacjent w tym modelu. Często kompleksowość opieki łączyła się w definicjach z poprawą jakości opieki sprawowanej nad pacjentem, która ma nastąpić dzięki wprowadzeniu opieki koordynowanej.

Znaczna część pacjentów w swoich definicjach zawierała wprowadzenie postaci koordynatora, który czuwa nad tym, aby pacjent odnalazł się w systemie ochrony zdrowia, pomaga mu w organizowaniu wizyt czy badań diagnostycznych. Badani równie często definiowali opiekę koordynowaną jako model, w którym etapy leczenia są zarządzane przez koordynatora, który zapewnia, że pacjent otrzymuje odpowiednią opiekę, diagnozę i terapię w odpowiednim czasie.

Kolejną często pojawiającą się w odpowiedziach ankietowanych frazą było definiowanie opieki koordynowanej jako opieki skupionej na potrzebach pacjenta, w której pacjent jest w centrum uwagi specjalistów. Respondenci zwracali uwagę, że jest to opieka, która jest dostosowana do indywidualnych potrzeb pacjenta.

W definicjach opieki koordynowanej zwracana była także uwaga na spójność wszystkich etapów leczenia, poczynwszy od podstawowej opieki zdrowotnej skończywszy na leczeniu szpitalnym. Pacjenci precyzując czym ich zdaniem jest opieka koordynowana mówili również o tym integracji świadczeń, na które składają się działania diagnostyczne, terapeutyczne oraz profilaktyczne.

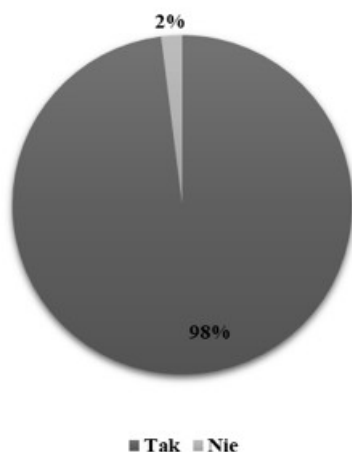
Badani postrzegają opieką koordynowaną jako model, którego zadaniem jest wspieranie pacjenta na każdym etapie leczenia oraz pomoc mu w przechodzeniu przez kolejne etapy leczenia. Ma polegać ona na większym zaopiekowaniu się pacjentem, który jest prowadzony przez system zarówno przez lekarzy jak również przez koordynatora.

W udzielonych przez ankietowanych odpowiedziach opieka koordynowana była definiowana jako leczenie, które nadzorowane jest przez zespół specjalistów. Niektórzy badani zwracali natomiast uwagę na zapewnienie, przez lekarzy, lekarzy specjalistów, pozostały personel medyczny oraz koordynatora, ciągłości opieki, sprawowanej nad pacjentem.

Badani wskazywali również, że opieka koordynowana jest modelem leczenia opartym o wcześniej ułożony, indywidualny plan opieki. Dwoje ankietowanych w swoich wypowiedziach zaznaczyło, że model ten obejmuje edukację pacjenta. Inne wypowiedzi pacjentów w definicji opieki koordynowanej zawierały między innymi takie aspekty jak: szerszy wariant badań specjalistycznych czy programy koordynowanej opieki nad pacjentami chorymi.

Wprowadzenie opieki koordynowanej do polskiego systemu ochrony zdrowia zostało ocenione pozytywnie przez respondentów. Zdecydowana większość przebadanych osób uznała wprowadzenie tego modelu do polskiego systemu ochrony zdrowia za dobre rozwiązanie. Zaledwie 2% badanych oceniło tę reformę negatywnie.

Wykres 2. Czy wprowadzenie opieki koordynowanej do polskiego systemu ochrony zdrowia było dobrym rozwiązaniem?



Źródło: opracowanie własne.

Badani wskazując na zalety wynikające z wdrożenia opieki koordynowanej najczęściej podkreślali lepszą jakość opieki, na którą wskazało 119 osób. Kolejnym ważnym aspektem, który według przebadanych pacjentów, wprowadziła reforma było wdrożenie opieki z pacjentem w centrum uwagi – 70 osób oraz współpraca personelu ochrony zdrowia podczas realizacji świadczeń – 65 osób. Najmniej osób za zaletę uważa poprawę efektywności kosztowej w zakresie diagnostyki i leczenia.

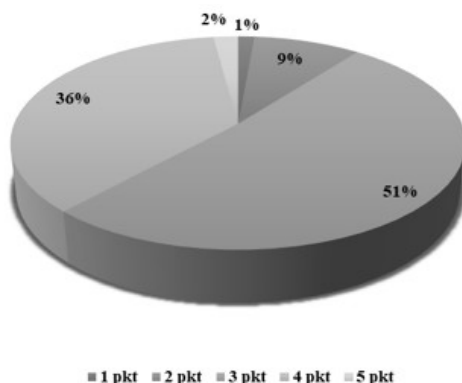
Wykres 3. Zalety z wprowadzenia opieki koordynowanej do polskiego systemu ochrony zdrowia.



Źródło: opracowanie własne.

Ponad połowa badanych – 51% oceniła funkcjonowanie opieki koordynowanej w polskim systemie ochrony zdrowia przeciętnie, przypisując jej 3 pkt. 36% osób przyznało 4 pkt, natomiast skrajne oceny 1 pkt lub 5 pkt przyznało odpowiednio 1% i 2% respondentów. Oznacza to, że opinie są raczej umiarkowane, z przewagą ocen neutralnych i lekko pozytywnych.

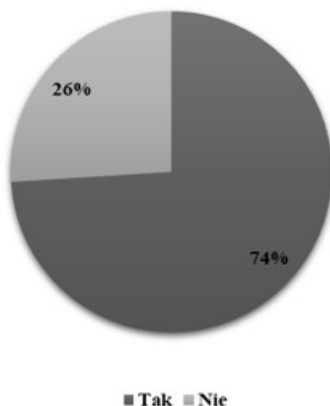
Wykres 4. Liczba badanych, wyrażona w procentach, w zależności od oceny jaką przypisali funkcjonowaniu opieki koordynowanej w polskim systemie ochrony zdrowia.



Źródło: opracowanie własne.

Badanie miało również na celu ukazanie opieki koordynowanej ze strony jej bezpośrednich odbiorców, a więc pacjentów, którzy byli poddani leczeniu w związku z modelem opieki koordynowanej. Wśród respondentów deklarujących znajomość opieki koordynowanej, 74% było leczonych w ramach tego modelu, natomiast 26% posiadało jedynie wiedzę teoretyczną na jego temat.

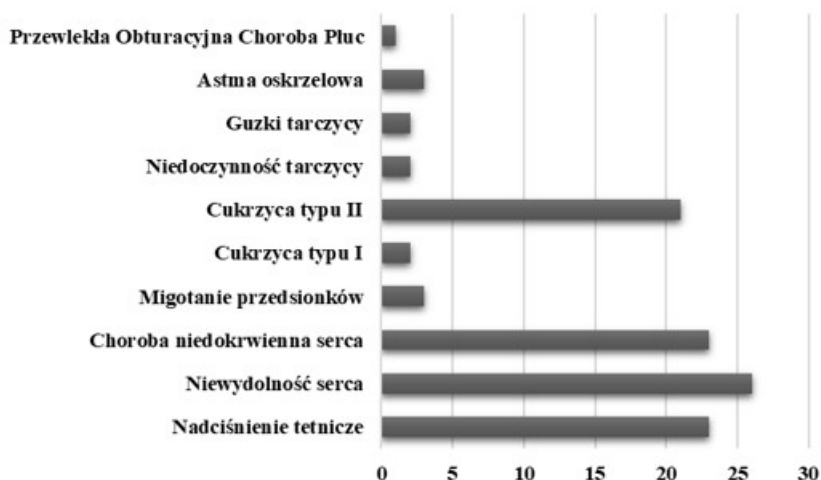
Wykres 5. Czy korzystał/-a Pan/Pani kiedyś z opieki koordynowanej?



Źródło: opracowanie własne.

Wśród badanych poddanych opiece koordynowanych najwięcej osób było leczonych w związku z niewydolnością serca, stanowili oni 25% ogółu badanych poddanych temu modelowi leczenia. Pacjenci z nadciśnieniem tętniczym oraz chorobą niedokrwienną serca występowali z taką samą częstotliwością, obie te grupy reprezentowane były przez 22% badanych. 20% osób stanowiły osoby z cukrzycą typu II. Populacja chorych na pozostałe choroby i leczonych w związku z modelem opieki koordynowanej była reprezentowana przez pojedyncze osoby. Badani z migotaniem przedsionków oraz astmą oskrzelową stanowili 3% osób, a osoby z cukrzycą typu I, niedoczynnością tarczycy oraz guzkami tarczycy przez 2% badanych. Najrzadziej występowali badani chorujący na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc – 1%.

Wykres 6. Liczba badanych, wyrażona w procentach w stosunku do ogólnej liczby pacjentów poddanych opiece koordynowanej, z podziałem na poszczególne jednostki chorobowe.



Źródło: opracowanie własne.

Jednym z głównych elementów modelu opieki koordynowanej jest ułożenie Indywidualnego Planu Opieki Medycznej (IPOM), w momencie rozpoznania choroby przewlekłej, która została zawarta w wykazie chorób dla modelu opieki koordynowanej, przez lekarza we współpracy z pacjentem. W badaniu każdy pacjent, który został poddany opiece koordynowanej, miał ułożony IPOM.

Respondenci zostali również zapytani o czynności, które powinny nastąpić w związku z objęciem pacjenta modelem opieki koordynowanej. Wyniki pokazały, że wszystkim pacjentom, którzy zostali objęci modelem opieki koordynowanej

zostały wyznaczone terminy wizyt kontrolnych. Spośród wszystkich przebadanych pacjentów jednej osobie nie został ułożony plan farmakoterapii. Innemu pacjentowi natomiast nie zostały zaplanowane badania diagnostyczne, które powinien wykonać. Dwoje pacjentów zadeklarowało, że nie zostało poinformowane w większym stopniu o swojej jednostce chorobowej, a trzy osoby nie zostały skierowane na wizytę u specjalisty. Najwięcej pacjentów deklaruowało brak wykonania u nich dodatkowych badań profilaktycznych oraz brak porady u dietetyka. Badania profilaktyczne nie zostały wykonane u dwunastu pacjentów, natomiast dziewiętnaście pacjentów nie zostało poddanych poradzie u dietetyka.

Wykres 7.. Liczba badanych wyrażona w procentach, w stosunku do czynności, które powinny zostać wykonane w związku z objęciem pacjenta opieką koordynowaną.

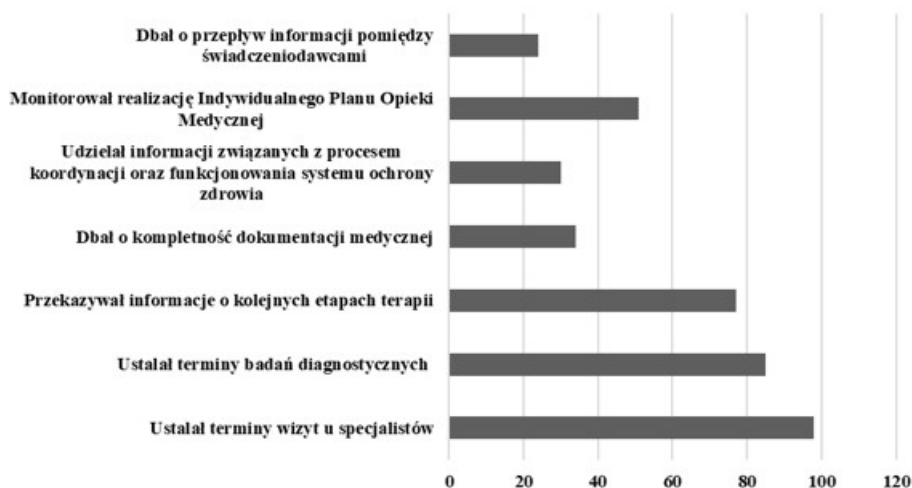


Źródło: opracowanie własne.

Istotną składową, którą wprowadziła opieka koordynowana jest funkcja koordynatora, który sprawuje nadzór nad efektywnym przebiegiem realizacji świadczeń medycznych udzielanych pacjentowi. 99% pacjentów biorących udział w badaniu zadeklarowało kontakt z koordynatorem. Uszczegółowiając zadania jakie sprawował współpracujący z pacjentami koordynator wskazywali w głównej mierze na ustalanie wizyt u specjalistów czy terminów badań diagnostycznych. Znaczna część osób deklaruje, że koordynator przekazywał informacje o kolejnych etapach terapii, a niewiele mniej wskazało na monitorowanie

realizacji Indywidualnego Planu Opieki Medycznej przez koordynatora. Innymi wytypowanymi przez badanych zadaniami było dbanie o kompletność dokumentacji medycznej, przekazywanie informacji związanych z procesem koordynacji oraz funkcjonowania systemu ochrony zdrowia. Zadaniem, na które najmniej badanych położyło nacisk było dbanie o przepływ informacji pomiędzy świadczeniodawcami.

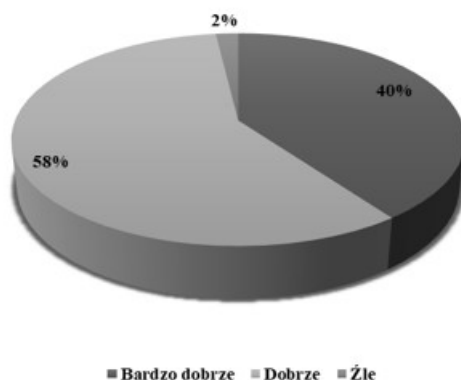
Wykres 8. Zadania jakie, według badanych, pełnił koordynator, który się nimi opiekował.



Źródło: opracowanie własne.

Badani, w przeważającej większości, dobrze oceniają współpracę z koordynatorem, taką odpowiedź wskazało 58% ankietowanych. 40% badanych pacjentów ocenia współpracę z koordynatorem bardzo dobrze, a jedynie 2% uważa, że współpraca ta przebiegała źle. Respondenci w 99% deklarują także, że funkcja koordynatora jest potrzebna, a swoje stanowisko argumentują głównie wskazując na pomoc w organizacji leczenia. Zwracali oni uwagę na to, że koordynator porządkuje cały proces leczenia, dba o terminowość wizyt i badań, zarządza procesem leczenia, dzięki czemu powoduje, że wszystkie etapy leczenia przebiegają terminowo i efektywnie. Pacjenci uważają również, że koordynator ułatwia dostęp do świadczeń medycznych oraz zwiększa dostęp do specjalistów. Według badanych koordynator zmniejsza chaos, który panuje w ochronie zdrowia, w skutek czego poszczególne elementy systemu są uporządkowane, co przekłada się na płynność w procesie diagnostycznym.

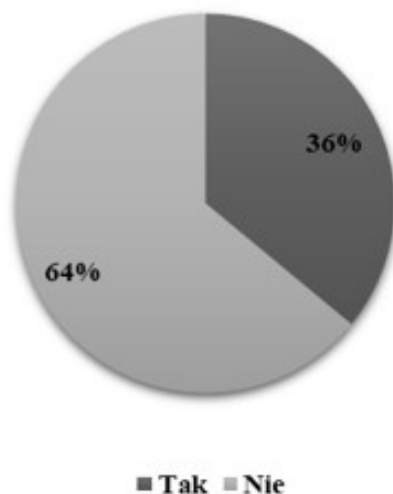
Wykres 9. Jak badani oceniają współpracę z koordynatorem?



Źródło: Opracowanie własne.

Wdrożenie opieki koordynowanej miało na celu poprawę funkcjonowania polskiego systemu ochrony zdrowia, który po połączeniu wszystkich elementów modelu, miał zapewnić pacjentom lepszą jakość opieki. Badani jednak w przeważającej większości nie zaobserwowali zmian systemowych, które spowodowane byłyby opieką koordynowaną. 64% badanych osób deklaruje brak zmian w systemie opieki zdrowotnej. Zaledwie 36% badanych uważa, że wprowadzenie tej reformy przyniosło zmiany w obszarze ochrony zdrowia.

Wykres 10. Czy w polskim systemie ochrony zdrowia widoczne są zmiany spowodowane wprowadzeniem opieki koordynowanej?

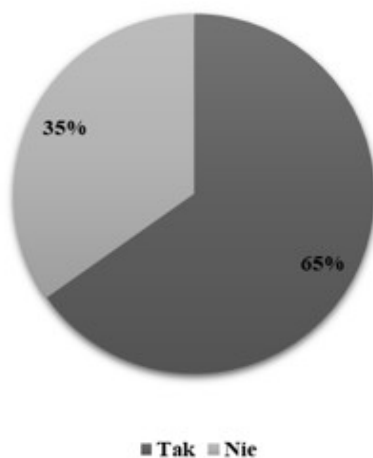


Źródło: Opracowanie własne.

Wprowadzenie opieki koordynowanej do polskiego systemu ochrony zdrowia spowodowało szereg istotnych zmian, mających na celu m.in. poprawę jakości opieki oraz efektywności udzielanych świadczeń. Badani, którzy zadeklarowali zaobserwowanie zmian w ochronie zdrowia w związku z wprowadzeniem nowego modelu, zostali zapytani o ocenę następujących elementów: uwagę poświęconą profilaktyce chorób i promocji zdrowego stylu życia, poprawę jakości leczenia, ilość badań diagnostycznych realizowanych przez lekarza POZ, opiekę medyczną skupioną na potrzebach pacjenta, nacisk położony na edukację pacjenta w związku z jego leczeniem, dostępność specjalistów, czas poświęcony przez lekarzy pacjentom podczas wizyty oraz o czas oczekiwania na uzyskanie świadczeń zdrowotnych.

Spośród wymienionych elementów najlepiej został oceniony nacisk jaki położony jest na edukację pacjenta w związku z jego leczeniem. 22% badanych przyznało tej zmianie 5 punktów, a żadna osoba nie oceniła jej na 1 punkt. W drugiej kolejności przebadani pacjenci (16%) największą liczbę punktów przyznali opiece medycznej, która dzięki wprowadzaniu opieki koordynowanej w większym stopniu skupiona jest na potrzebach pacjenta. Tu również żaden pacjent nie przyznał 1 punktu. Najgorzej natomiast oceniona została dostępność specjalistów, czas oczekiwania na uzyskanie świadczeń zdrowotnych oraz czas, który poświęca lekarz pacjentom podczas wizyty.

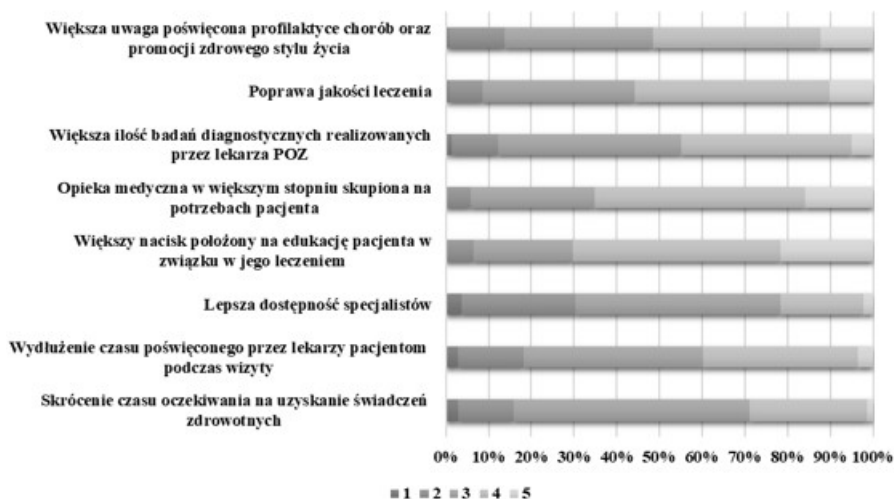
Wykres 11. Zmiany w polskim systemie ochrony zdrowia, które nastąpiły w związku z wprowadzeniem opieki koordynowanej.



Źródło: Opracowanie własne.

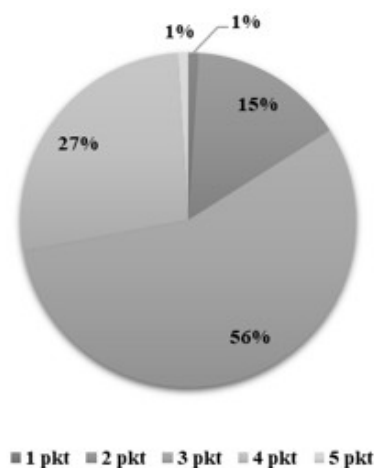
Respondenci zostali zapytani także czy w związku ze zmianami jakie zaszły w systemie ochrony zdrowia, w związku z wprowadzeniem opieki koordynowanej, nastąpiła poprawa w jego funkcjonowaniu. Badani w zdecydowanej większości uważają, że funkcjonowanie systemu w ostatnich latach uległo poprawie - na taką odpowiedź wskazało 65% respondentów. Natomiast 35% badanych nie zgadza się z tym stwierdzeniem.

Wykres 12. Czy system ochrony zdrowia w Polsce w ostatnich latach uległ poprawie?



Źródło: opracowanie własne

Wykres 13. Oceny jakie przyznali badani funkcjonowaniu polskiego systemu ochrony zdrowia.



Źródło: opracowanie własne.

W związku z powyższym ponad połowa respondentów (56) oceniło funkcjonowanie systemu ochrony zdrowia jako przeciętne, przyznając mu 3 punkty. 27% badanych uważa, że system funkcjonuje dobrze, oceniając go na 4 punkty. Zaledwie 1% badanych uważa, że system funkcjonuje bardzo dobrze, tyle samo osób twierdzi, że funkcjonuje on bardzo źle. Natomiast 15% osób oceniło jego działalność na 2 punkty, co oznacza, że według nich system działa źle.

DYSKUSJA

Świadomość pacjentów na temat wprowadzanych zmian w systemie opieki zdrowotnej stanowi kluczowy element ich akceptacji oraz efektywności wdrażanych rozwiązań. W badaniu własnym zdecydowana większość respondentów deklarowała brak wiedzy na temat modelu opieki koordynowanej, realizowanego w podmiotach podstawowej opieki zdrowotnej w Polsce od października 2022 roku. Taki poziom niezajomości terminu może być spowodowany różnymi czynnikami, do których m.in. zaliczyć można zbyt małe rozpowszechnienie w kraju nowego modelu opieki zdrowotnej lub też zbyt mała liczba placówek, które realizują taką formę opieki.

Osoby, które zadeklarowały znajomość tego pojęcia, definiując ją jako proces skoncentrowany na zapewnieniu kompleksowości, koordynacji i systematyzacji leczenia, co jest zgodne z wynikami raportu końcowego z pilotażu POZ PLUS (Narodowy Fundusz Zdrowia, 2020). Zarówno w badaniu własnym, jak i w badaniach wcześniejszych, podkreślano znaczenie roli koordynatora, który pomaga pacjentowi w organizacji procesu terapeutycznego, planowaniu wizyt oraz poruszaniu się w systemie ochrony zdrowia (Fundacja „My Pacjenci”, 2024). Respondenci definiowali opiekę koordynowaną między innymi jako: „wprowadzenie koordynatora odpowiedzialnego za organizację procesu leczenia” czy „opieka z pacjentem w centrum uwagi”, co pozostaje w zgodzie z definicjami pacjentów uczestniczących w pilotażu POZ PLUS, którzy wskazywali na poczucie bezpieczeństwa wynikające z prowadzenia ich przez cały proces leczenia (Narodowy Fundusz Zdrowia, 2020).

Najczęstszymi jednostkami chorobowymi, w związku z którymi pacjenci byli włączani do opieki koordynowanej, pozostają choroby układu krążenia, takie jak nadciśnienie tętnicze, niewydolność serca oraz choroba niedokrwienna serca. Wyniki te są zgodne z analizami pilotażu POZ PLUS, w którym choroby układu krążenia stanowiły 41% wykrytych jednostek chorobowych, co podkreśla

potencjał prewencyjny tego modelu opieki (Karasiewicz i wsp., 2020; Goryński i Wojtyński, 2021).

W badaniu własnym wszyscy pacjenci objęci opieką koordynowaną otrzymali Indywidualny Plan Opieki Medycznej (IPOM), co potwierdzają również dane Fundacji „My Pacjenci”, gdzie 90,92% ankietowanych zadeklarowało posiadanie takiego planu (Fundacja „My Pacjenci”, 2024). Analizując poszczególne elementy IPOM-u, zwraca uwagę fakt, iż większość pacjentów otrzymała edukację zdrowotną, natomiast porada dietetyczna była wskazywana znacznie rzadziej – brak tej usługi deklarowało 17,9% respondentów w badaniu własnym i 14,12% w badaniu Fundacji „My Pacjenci”. Wyniki te potwierdzają potrzebę zwiększenia dostępności porad dietetycznych w ramach opieki koordynowanej.

Choć większość pacjentów pozytywnie ocenia wdrożenie opieki koordynowanej, istotna rozbieżność dotyczy kwestii czasu oczekiwania na świadczenia zdrowotne. Podczas gdy raport POZ PLUS wskazuje na jego poprawę, respondenci z województwa łódzkiego oceniali ten aspekt najgorzej. Różnica ta może wynikać ze zróżnicowanej organizacji pracy poszczególnych placówek oraz dostępności kadry medycznej w różnych regionach kraju (OECD, 2023).

Wyniki badania własnego w dużej mierze potwierdzają wcześniejsze doniesienia literaturowe i raportowe dotyczące funkcjonowania opieki koordynowanej w Polsce. Wszystkie analizy podkreślają potrzebę dalszego rozwoju tego modelu w podstawowej opiece zdrowotnej, w szczególności w zakresie rozszerzenia dostępności na większą grupę pacjentów oraz eliminacji barier organizacyjnych.

Należy również uwzględnić ograniczenia niniejszego badania, w tym przede wszystkim niewielką liczbę poradni POZ, które wyraziły zgodę na udział w badaniu oraz brak włączenia perspektywy personelu medycznego, co mogłoby znacząco poszerzyć analizę funkcjonowania opieki koordynowanej w praktyce.

WNIOSKI

1. W polskim systemie ochrony zdrowia zbyt małą uwagę przywiązuje się do opieki koordynowanej, o czym świadczy brak wiedzy na jej temat, co deklaruje zdecydowana większość przebadanych osób. Badani, którzy zadeklarowali znajomość terminu „opieka koordynowana” definiowali ją poprawnie, wskazując na jej główne założenia tj. funkcja koordynatora, współpraca personelu medycznego podczas udzielania świadczeń czy poprawa jakości opieki.

2. Pacjenci w zdecydowanej większości pozytywnie oceniają wprowadzenie opieki koordynowanej do polskiego systemu ochrony zdrowia – wskazują przede wszystkim na potencjalne korzyści jakościowe oraz lepsze dostosowanie świadczeń do ich potrzeb. Według pacjentów to rozwiązanie powinno skutkować przede wszystkim poprawą jakości świadczeń oraz większym uwzględnieniem potrzeb pacjenta.
3. Zmianą, którą badani uważają za najbardziej widoczną, w związku z wprowadzeniem do systemu ochrony zdrowia opieki koordynowanej jest większy nacisk położony na edukację pacjenta, a w drugiej kolejności jest to opieka medyczna w większym stopniu skupiona na potrzebach pacjenta.
4. W opinii pacjentów główne zalety i korzyści wynikające z korzystania z opieki koordynowanej w systemie ochrony zdrowia koncentrują się wokół czterech kluczowych obszarów:
 - poprawy jakości świadczonych usług,
 - zorientowania opieki na potrzeby pacjenta,
 - wzrostu ogólnej satysfakcji z leczenia,
 - współpracy personelu medycznego podczas realizacji świadczeń zdrowotnych.

LITERATURA

- Bogdan, M., Owczarczyk, A., Żuk, P., Prusarczyk, A., Karczmarsz, S. (2023). *Koordynowana Opieka Zdrowotna w praktyce od POZ do POZ+*. Warszawa: Wydawnictwo Wolters Kluwer.
- Borkowska I. Ocena kondycji publicznej opieki zdrowotnej w Polsce. *Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów*. 2019;(165):27–48. doi:10.33119/SIP.2018.165.2.
- Centrum Badania Opinii Społecznej. *Zadowolenie Polaków z obowiązującego w Polsce systemu opieki zdrowotnej*. Komunikat z badań nr 113/2016. Warszawa: CBOS; 2016.
- Fundacja „My Pacjenci” (2024). *Opieka koordynowana w POZ – ocena pacjentów – wyniki pierwszego badania opinii*. Pobrane z: <https://mypacjenci.org/opieka-koordynowana-w-poz-ocena-pacjentow-wyniki-pierwszego-badania-opinii/>

- Goryński P, Wojtyniak B. Sytuacja zdrowotna ludności Polski i jej uwarunkowania. Warszawa: Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – PZH; 2021.
- Karasiewicz M, Chawłowska K, Lipiak A, Staszewski R. Ocena funkcjonowania POZ PLUS – doświadczenia z pilotażu opieki koordynowanej w Polsce. *Zdrowie Publiczne i Zarządzanie*. 2020;18(2):107-114.
- Kozieł A, Kononiuk A, Wiktorzak K. Opieka koordynowana, definicja, międzynarodowe doświadczenia jako inspiracja dla Polski. *Zdrowie Publiczne i Zarządzanie*. 2017;15(3):251–257. doi:10.4467/20842627OZ.17.028.7808.
- Narodowy Fundusz Zdrowia. Ocena pilotażu POZ PLUS oraz ocena poziomu satysfakcji pacjentów i lekarzy w ramach projektu POZ PLUS z zastosowaniem metody zogniskowanych wywiadów grupowych (FGI). Warszawa: NFZ; 2020.
- Narodowy Fundusz Zdrowia. Opieka koordynowana w POZ – poradnik dla świadczeniodawców. Warszawa: NFZ; 2022.
- OECD. Health at a Glance 2023: OECD Indicators. Paris: OECD Publishing; 2023. Available from: <https://doi.org/10.1787/4dd50c09-en>
- Polskie Towarzystwo Koordynowanej Opieki Zdrowotnej. Definicja KOZ – PTKOZ [online]. Dostęp: 15.12.2024. <https://ptkoz.pl>
- Schrijvers G. Opieka koordynowana: lepiej i taniej. Wybór ponad 100 dobrych praktyk koordynowanej opieki zdrowotnej. Szafraniec-Buryło S, red. Warszawa: Narodowy Fundusz Zdrowia – Centrala, Departament Analiz i Strategii; 2017.

PATIENTS AT THE COORDINATION CENTER. HOW DO BENEFICIARIES FROM THE ŁÓDZKIE PROVINCE EVALUATE THE IMPLEMENTATION OF COORDINATED CARE IN PRIMARY HEALTH CARE?

Abstract: For many years, the healthcare system in Poland has been struggling with numerous structural and organizational problems, including long waiting times for services, staff shortages, and limited access to specialist medical services. The results of the 2023 IRIS Global Social Mood Survey revealed the extent of patient dissatisfaction—as many as 79% of respondents in Poland have a negative opinion of the healthcare system. For comparison, equally high dissatisfaction rates were recorded in countries such as Bulgaria (83%) and Panama (86%). The report of the Supreme Audit Office (2022) points to the urgent need to restructure the system by strengthening the role of primary health care (PHC), optimizing the use of resources, promoting preventive measures, and improving the quality of treatment coordination. In response to these challenges, Poland began implementing a coordinated care model in primary care. The aim of this study was to assess patients' level of knowledge and their opinions on the functioning of coordinated care, as well as to analyze the perceived effects of its implementation in the Łódź region. The study was conducted between November 2024 and March 2025 among 382 adults (227 women and 155 men) residing in the Łódź Province. A proprietary questionnaire was used, containing questions about patients' awareness of coordinated care, their assessment of the program's advantages and disadvantages, and noticeable changes after its implementation. The analysis of the results revealed significant gaps in public knowledge about coordinated care – only 38% of respondents (144 people) declared that they were familiar with this model of healthcare provision. The remaining 62% (238 people) had no knowledge of it. Among those familiar with the concept of coordinated care, positive opinions prevailed, especially in the context of improving the quality of treatment and better tailoring services to the individual needs of patients. The key element of the program, which received the highest rating, was the role of the care coordinator—a person who supports the patient in organizing the treatment process, including scheduling appointments and tests and navigating the healthcare system. Respondents also pointed to moderate changes in the functioning of the system after the program's implementation, such as an increase in the importance of patient health education and better organization of the treatment pathway. Despite the positive aspects, many patients did not notice any significant systemic changes. The results of the study confirm the need to intensify information and education activities on coordinated care and to further develop this model in Polish conditions. Coordinated care offers a real opportunity to increase the efficiency of the healthcare system, improve access to services, and strengthen the role of the patient as an active participant in the therapeutic process. The results obtained in the Łódź Province may serve as a starting point for further nationwide analyses in this area.

Keywords: coordinated care, Polish healthcare system, patient, primary healthcare.

