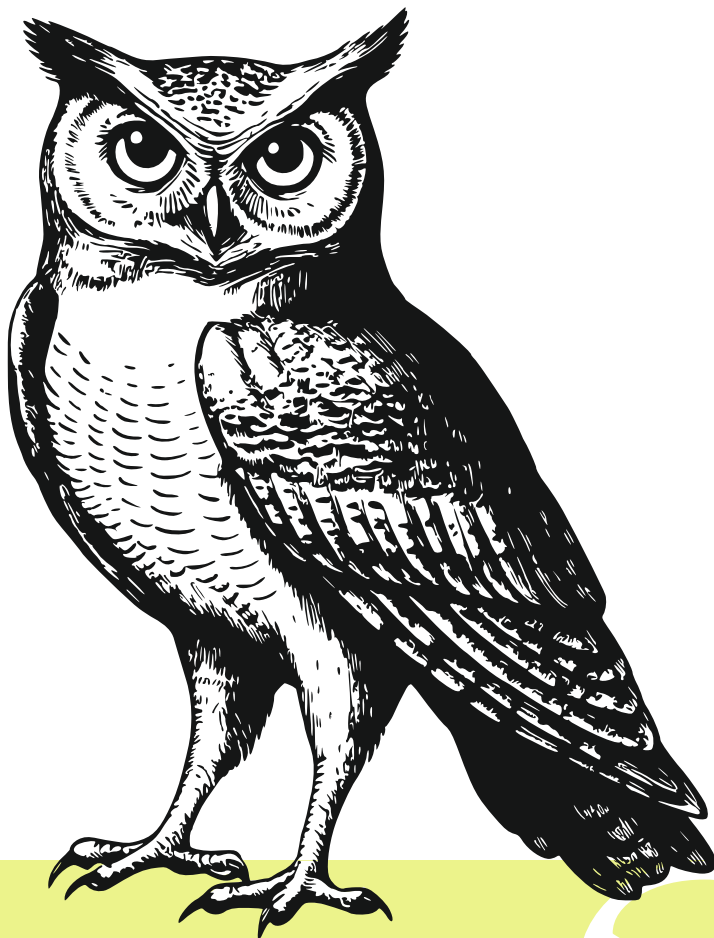




Kalejdoskop Naukowy

Kalejdoskop Naukowy III

Redakcja naukowa:

dr n. med. lek. Roman Grzybowski

MONOGRAFIA NAUKOWA

Olsztyn, wrzesień 2025

Recenzenci:

dr hab. Anna Cieślińska, prof. UWM

dr hab. n. med. lek. Janusz Plomiński, prof. CMKP

dr Robert Stryński

dr inż. Dominika Rozmus

Projekt okładki:

Tomasz Kapusta

Skład:

dr inż. Dominika Rozmus

Korekta językowa:

dr n. med. lek. Roman Grzybowski

dr inż. Dominika Rozmus

Wydawnictwo

FNCE

ISBN:

ISBN 978-83-68368-87-1

Druk publikacji wykonano na podstawie dostarczonych oryginalnych tekstów, na odpowiedzialność autorów poszczególnych artykułów.

Copyright © 2025 FNCE

Spis treści

<i>Staphylococcus aureus</i> jako istotny drobnoustroj kolonizujący organizm człowieka	7
Działania prewencyjne w walce z COVID-19.....	32
Rozwój wykorzystania lecytyny oraz soi w ujęciu technologicznym oraz zdrowotnym – artykuł przeglądowy	60
Pęcherzyki zewnątrzkomórkowe w interakcjach pasożyt-żywiciel: przegląd ostatnich badań w ujęciu proteomicznym.....	80
Wpływ emulsji typu O/W zawierających oleje z awokado, nasion bawełny i konopi siewnych na właściwości barierowe skóry: poziom nawilżenia i TEWL.....	121
Dymorfizm płciowy i starzenie się a parametry siły mięśniowej i składu ciała.....	166
Zaopatrywanie rany oparzeniowej w warunkach opieki domowej - opisy przypadków	210
Ogniskowy rozrost guzkowy u młodych dorosłych-analiza retrospektywna.....	234
Choroby przewodu pokarmowego o etiologii infekcyjnej.....	253

***Staphylococcus aureus* jako istotny
drobnoustrój kolonizujący organizm
człowieka**

***Staphylococcus aureus* as an important microor-
ganism colonizing the human organism**

**Katarzyna Kuszewska¹, Zuzanna Trześniewska-
Ofiara², Mariola Mendrycka³**

¹Zespół Opieki Zdrowotnej w Skarżysku-Kamiennej, Szpital Po-
wiatowy im. Marii Skłodowskiej-Curie, Zakład Diagnostyki La-
boratoryjnej

²Mazowiecki Szpital Specjalistyczny Sp. z o.o. w Radomiu, Zakład
Diagnostyki Laboratoryjnej

³Uniwersytet Radomski im. K. Pułaskiego w Radomiu, Wydział
Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu, Katedra Kosmetologii

Streszczenie

Staphylococcus aureus (gronkowiec złocisty) jest to gatunek ziarenkowców Gram-dodatnich, względnie beztlenowych, nie posiadających zdolności ruchowych, które swoją nazwę zawdzięczają podobieństwu układu ich komórek w preparacie mikroskopowym z wyglądem kiści winogron. Kolonie tych bakterii, wyhodowane na podłożu agar krwawy posiadają specyficzny żółtawy kolor, stąd też wywodzi się drugi człon nazwy tego gatunku. Stanowi mikroorganizm, zarówno ludzi jak i zwierząt, kolonizując wiele przestrzeni w obrębie ciała. Jest szeroko rozpowszechniony w środowisku. Nawet do 80% populacji jest nosicielami *S. aureus*. Wśród personelu medycznego i pacjentów hospitalizowanych nosicielstwo tego drobnoustroju znacząco wzrasta. Na kolonizację mają wpływ różnorodne uwarunkowania fizjologiczne gospodarza. Prawdopodobnie wysokie stężenia α -defensyn i β -defensyn 2 u ludzi wpływają na tworzenie sprzyjającego środowiska dla gronkowca złocistego. Wnioskuje się o pewnych predyspozycjach genetycznych pozwalających na kolonizację człowieka przez ten drobnoustrój. Posiada on liczne czynniki wirulencji, takie jak koagulaza, hemolizyny, enterotoksyny, toksyny epidermolityczne i inne, dlatego też uważany jest za patogen oportunistyczny. Może być przyczyną wielu infekcji miejscowych dotyczących wszystkich tkanek i narządów oraz zakażeń uogólnionych, bardzo często zagrażających życiu. Biorąc pod uwagę zjadliwość oraz jego zdolności przystosowawcze stwierdzono, że przy obniżonej odporności człowieka lub przy innych sprzyjających warunkach, jest w stanie zainfekować dowolną tkankę czy też narząd. Przeciwdziałanie kolonizacji, infekcji oraz zakażeń organizmu człowieka przez *S. aureus* stawia ogromne

wyzwanie, zarówno dla zespołów epidemiologicznych, jak i terapeutycznych w szpitalach i poza nim.

Celem pracy jest przedstawienie znaczenia *Staphylococcus aureus* jako drobnoustroju kolonizującego organizm człowieka, ze szczególnym uwzględnieniem jego czynników wirulencji, mechanizmów kolonizacji oraz zagrożeń zdrowotnych wynikających z nosicielstwa i infekcji.

Słowa kluczowe: *Staphylococcus aureus*, gronkowiec złocisty, chorobotwórczość, kolonizacja, nosicielstwo

Abstract

Staphylococcus aureus is a species of Gram-positive, relatively anaerobic, non-motile granules that derive their name from the similarity of their cell arrangement in a microscopic preparation with the appearance of a bunch of grapes. Colonies of these bacteria grown on bloody agar have a specific yellowish color, hence the second part of the name of this species. It constitutes a microbiome, both of humans and animals, colonizing many spaces within the body. It is widely distributed in the environment. Up to 80% of the population carries *S. aureus*. Among health care personnel and hospitalized patients, the prevalence increases significantly. The colonization is influenced by various physiological conditions of the host. Probably high concentrations of α -defensins and β -defensin 2 in humans create a favorable environment for *S. aureus*. Some genetic predisposition allowing colonization of humans by this microorganism is inferred. It has numerous virulence factors, such as coagulase, hemolysins, enterotoxins, epidermolytic toxins and others, therefore it is considered as an opportunistic pathogen. It can cause many local infections affecting all tissues and organs as well as general, very often life-threatening infections. Taking into account the virulence and its adaptive abilities, it was found that with reduced human immunity or other favorable conditions, it is able to infect any tissue or organ. Counteracting colonization and infections of the human body by *S. aureus* poses a huge challenge, both for epidemiological and therapeutic teams in and outside hospitals.

The aim of this study is to present the significance of *Staphylococcus aureus* as a microorganism colonizing the human

body, with particular emphasis on its virulence factors, mechanisms of colonization, and the health risks resulting from carriage and infection.

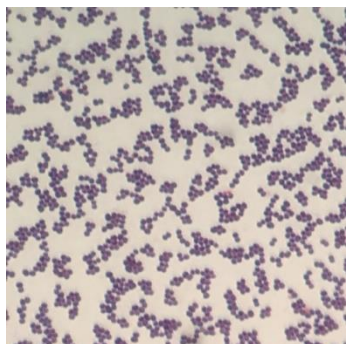
Keywords: *Staphylococcus aureus*, pathogenicity, colonization, carriage

1. Wstęp

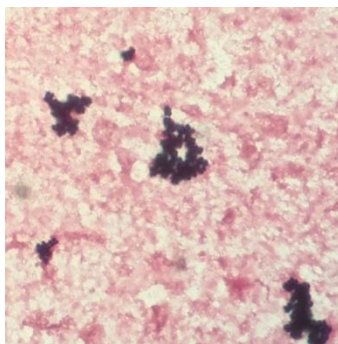
Rodzaj *Staphylococcus species* to ziarenkowce Gram-dodatnie, względnie beztlenowe będące komensalami tworzącymi mikrobom człowieka oraz zwierząt (Majchrzak i in., 2015; Rossi i in., 2020). Zawiera ponad 50 gatunków i podgatunków, które są szeroko rozpowszechnione w przyrodzie. Mogą być izolowane od ludzi, zwierząt, z fermentowanej żywności oraz ze środowiska (Szewczyk, 2020). Gronkowce wstępują w organizmie człowieka w miejscach wilgotnych. Mogą bytować na skórze, błonach śluzowych przewodu pokarmowego i górnych drogach oddechowych. Mimo tego, często są przyczyną niebezpiecznych infekcji ropnych dotyczących wszystkich układów (Otto, 2020). Największe znaczenie wśród omawianego rodzaju ma gatunek gronkowiec złocisty (łac. *Staphylococcus aureus*), który ze względu na powszechną zdolność kolonizacji wielu przestrzeni ciała oraz posiadanie licznych czynników wirulencji nazywany jest patogenem oportunistycznym. Nosicielstwo *S. aureus* u ludzi jest warunkiem wstępnym do jego rozprzestrzeniania się oraz do rozwoju patogeny (Parlet i in., 2019).

1.2 Charakterystyka gatunku i epidemiologia

Gronkowiec złocisty jest to gatunek bakterii w kształcie ziarenkowców, które swoją nazwę zawdzięczają specyficznej budowie obserwowanej w preparacie mikroskopowym. Komórki układają się w skupiska przypominające winogrona, które barwią się Gram-dodatnio (Ryc. 1). Kolonie tych drobnoustrojów, wyhodowane na podłożu stałym (agar krwawy), są okrągłe, wykazują β -hemolizę i posiadają specyficzny żółtawy kolor (Ryc. 2). Stąd też wywodzi się drugi człon nazwy tego gatunku (Taylor i Unakal, 2022).



A



B

Rycina 1. Komórki *S. aureus* w preparatach z hodowli *in vitro* (A) oraz z dodatniego posiewu krwi uzyskanego na podłożu płynnym (B), oglądane w mikroskopie optycznym przy powiększeniu 10x100 (opracowanie własne)



Rycina 2. Hodowla *S. aureus* na podłożu agar krwawy (opracowanie własne)

Bakterie te wchodzią w skład mikroflory człowieka. Bytują one stale lub przejściowo głównie w jamie nosowo-gardłowej, ale także na skórze (Krismer i in., 2017). Ponadto ich nosicielami są również liczne zwierzęta i przenoszone są na człowieka zoonotycznie.

Oprócz tego, mogą także przejściowo znajdować się w pożywieniu, wodzie czy powietrzu. W związku z czym, ich występowanie jest bardzo powszechne (Heaton i in., 2020). Szacuje się, iż od 20% do nawet 80% populacji jest nosicielem tego mikroorganizmu. Część osób jest stale zasiedlana przez gronkowca złocistego, a niektórzy tylko przejściowo. Badania epidemiologiczne ukazują stopień kolonizacji w Stanach Zjednoczonych na poziomie ok. 33%, natomiast w Europie ok. 21% (Centers for Disease Control and Prevention, 2022; Heijer i in., 2013). Większy procent kolonizacji dotyczy mężczyzn niż kobiet. Z danych bibliograficznych wynika, że statystycznie troje z dziesięciu spotkanych osób jest nosicielami gronkowca złocistego (Centers for Disease Control and Prevention, 2022) (Ryc. 3).



Rycina 3. Częstość nosicielstwa gronkowca złocistego wśród populacji (opracowanie własne)

Wiek człowieka również ma znaczenie, gdyż *S. aureus* częściej wykrywany jest w grupie wiekowej 1-10 lat niż u osób starszych (Hamdan i in., 2010). Biorąc pod uwagę nosicielstwo wśród personelu medycznego, czy pacjentów hospitalizowanych, znacząco wzrasta odsetek osób skolonizowanych, mających częsty kontakt ze środowiskiem szpitalnym. Występuje w tym przypadku większe prawdopodobieństwo zasiedlenia przez szczepy antybiotykooporne (Kot i in., 2020). Analiza szczepów gronkowca złocistego izolowanych od pacjentów wykazała, że blisko 65% przebadanych osób jest

jednocześnie nosicielem tego samego klonu. Ponadto, jeżeli mamy do czynienia z infekcją szpitalną, sytuacja ta dotyczy nawet 80% osób skolonizowanych (Lister i Horswill, 2014). Nie mniej jednak, w przypadku rozwoju bakteriemii o etiologii *S. aureus*, nosiciele wykazują obniżoną śmiertelność w porównaniu do osób wcześniej nieskolonizowanych. Istnieją różne hipotezy na temat predyspozycji określonych osób zwiększających prawdopodobieństwo nosicielstwa gronkowca złocistego. Prowadzone badania nad grupą dorosłych pacjentów z atopowym zapaleniem skóry (AZS) wykazały, iż ponad 90% osób jest nosicielami *S. aureus*. Wyższy wskaźnik nosicielstwa dotyczy także ludzi cierpiących na ziarniniakowatość z zapaleniem naczyń. Podobne wyniki uzyskano u pacjentów z nawracającymi uszkodzeniami skóry spowodowanymi przez, np. cukrzycę insulinozależną, dializy nerek, stosowanie narkotyków dożylnych. Pacjenci zakażeni wirusem HIV również wykazują większą częstotliwość kolonizacji przez gronkowca złocistego (Brown i in., 2014). Większy odsetek osób skolonizowanych obserwuje się również u osób palących tytoń (Lacoma i in., 2019).

1.3 Czynniki predysponujące kolonizację

Na skuteczną i długotrwałą kolonizację człowieka przez gronkowca złocistego mają wpływ różnorodne czynniki. Białko A, zidentyfikowane u *S. aureus*, będące jednym z czynników jego wirulencji, odgrywa bardzo ważną rolę w procesie kolonizacji. Przede wszystkim cechuje je wysoki poziom ekspresji. Jest ono składnikiem ściany komórkowej, biorącym udział w adhezji gronkowca złocistego do komórek gospodarza (Sun i in., 2018). Tworzy je

pięć homologicznych domen wiążących immunoglobuliny klasy G (IgG) oraz IgA i IgM, dzięki czemu komórka gronkowca złościstego jest chroniona przed opsonofagocytozą (Kobayashi i DeLeo 2013). Ponadto na nosicielstwo omawianego drobnoustroju wpływają różnorodne uwarunkowania fizjologiczne gospodarza. Badania na modelu mysim potwierdziły, że istnieje korelacja między ilością loricriny, białkiem zlokalizowanym w zrogowacialej warstwie nabłonka nozdrzy, a zdolnością *S. aureus* do zasiedlenia błon śluzowych nosogardła. Niedobór tego białka znacząco upośledza skuteczną kolonizację (Mulcahy i in., 2012). Podobne wnioski wyciągnięto badając stężenia α -defensyn i β -defensyny 2 u ludzi. Prawdopodobnie ich wysoka koncentracja wpływa na tworzenie sprzyjającego środowiska dla gronkowca złościstego (Cole i in., 2001). Odmienna sytuacja zaś dotyczy β -defensyny 3, której stężenie jest znacznie niższe u nosicieli, ponieważ posiada ona najsilniejsze działanie mające na celu usunięcie tego drobnoustroju (Zanger i in., 2011). Wnioskuje się o pewnych predyspozycjach genetycznych pozwalających na kolonizację człowieka przez gronkowca złościstego, chociaż procesy te są bardzo złożone i nie do końca poznane (Shukla i in., 2015). Przykładem jest zjawisko polimorfizmu pojedynczego nukleotydu (SNP – ang. *single nucleotide polymorphism*), które wpływa na występowanie odmienności fenotypowych między ludźmi, m.in. na różnice w odpowiedzi układu odpornościowego u poszczególnych osób (Weidenmaier i in., 2012; Bryk 2011). Odmienności populacyjne wywoływane są także przez różnice w ekspresji poszczególnych genów u ludzi (Zhang i in., 2008). Badania prowadzone przez wielu naukowców wykazały, że inne bakterie komensalne wpływają na zasiedlenie danej niszy przez *S. aureus*. Nosicielstwo omawianego drobnoustroju może

stwarzać konkurencję dla, np. *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus lugdunensis*, *Streptococcus pneumoniae*, *Corynebacterium* spp., *Propionibacterium* spp. i odwrotnie (Iwase i in., 2010; Bogaert i in., 2004, Yan i in., 2013;). Ponadto, szczepy wrażliwe na antybiotyki β -laktamowe MSSA (ang. *methicillin-sensitive Staphylococcus aureus*) wpływają antagonistycznie na możliwość kolonizacji przez szczepy odporne MRSA (*methicillin-resistant Staphylococcus aureus*) (Sakr i in., 2018). W związku z tym wnioskuje się, iż skład mikroflory człowieka ma ogromny wpływ nie tylko na fizjologię samego gospodarza, ale także na zdolność do skolonizowania przez inne specyficzne drobnoustroje.

1.4 Mechanizmy wirulencji

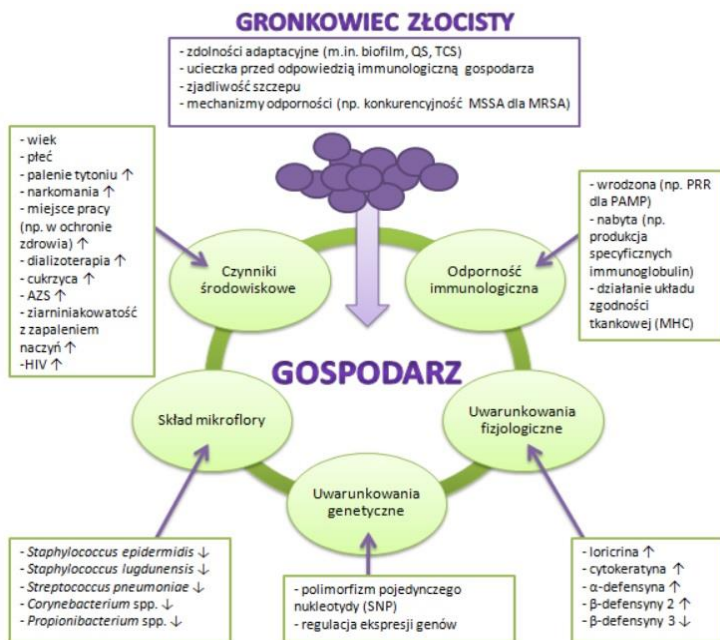
W związku z posiadaniem licznych czynników wirulencji gronkowiec złocisty jest zakwalifikowany do grupy patogenów oportunistycznych (Conlon, 2014). Drobnoustrój może ulegać relokacji i infekować szeroki zakres tkanek od powierzchniowych zakażeń zmian skórnych i ran, do tkanek głębokich, takich jak przewód pokarmowy, płuca, naczynia krwionośne, serce, drogi moczowe czy kości (Balasubramanian i in., 2017).

Mikroorganizmy posiadają ważną cechę, która odróżnia je znacząco od innych gronkowców. Klinicznie istotne szczepy mają zdolność do koagulacji osocza gospodarza, poprzez konwersję fibrynogenu do fibryny, co z kolei chroni je przed fagocytozą. W związku z czym wśród rodziny *Staphylococcus* powstał bardzo istotny klinicznie podział na gronkowce koagulazo-dodatnie (których głównym reprezentantem jest *S. aureus*), oraz inne gronkowce

nazywane mianem koagulazo-ujemne (CNS – ang. *coagulase-negative staphylococci*) (Javid i in., 2018). Gronkowiec złoisty wytwarza także wiele toksyn, enzymów cytolitycznych i antygenów powierzchniowych (Tam i Torres, 2019). Substancje te powodują osłabienie odpowiedzi układu odpornościowego, gdyż mogą degradować niektóre z komórek osoby zakażonej, stymulować wrodzone i swoiste systemy immunologiczne, a także osłabiać połączenia międzykomórkowe. U *S. aureus* występują toksyny tworzące pory takie jak hemolizyna- α (Hla lub α -toksyna), hemolizyna- β (sfingomielinaza C), leukotoksyna, rozpuszczalne w fenolach moduliny (PSMs), a także toksyny złuszczające (ETs) (Oliveira i in., 2018). Poprzez produkcję enterotoksyn (SE) indukowane zostają komórki tuczne, które uwalniają 5-hydroksytryptaminy, które z kolei oddziałują na nerwy błędne w wyściółce żołądka wywołując wymioty. Ponadto enterotoksyny produkowane przez gronkowca złoistego zasługują na miano superantygenów (SAgs), gdyż posiadają możliwość tworzenia kompleksów z cząsteczkami antygenów komórek MHC klasy II. Powoduje to aktywację i proliferację limfocytów T, które zaczynają produkować ogromne ilości cytokin (IL-2, IFN γ , IL-1, TNF- α) prowadząc w skrajnych przypadkach do śmiertelnego zespołu wstrząsu toksycznego (Bhunja, 2018). Gatunek ten wykształcił również bardzo złożony system *quorum sensing* (QS) stymulujący określony wzór ekspresji genów w zależności od własnej gęstości populacyjnej (Jenul i Horswill, 2019). Wykorzystuje także systemy dwuskładnikowe (TCS) do wykrywania specyficznych sygnałów i koordynowania odpowiedzi cytoplazmatycznej. Złożoność tych procesów pozwala na optymalną reakcję na zmieniające się warunki środowiskowe (Villanueva i in., 2018). *S. aureus* może

dodatkowo przeniknąć i bytować, np. w komórkach nabłonka, komórkach śródbłonka, a nawet makrofagach (Kubica i in., 2008).

Dodatkowym problemem jest zdolność bakterii do tworzenia biofilmów. Wytwarzają one macierz zewnątrzkomórkową (ECM) złożoną z białek, węglowodanów i/lub zewnątrzkomórkowego DNA (eDNA), która otacza komórki lepką matrycą ułatwiając przetrwanie w nieprzyjaznych lub ekstremalnych środowiskach. W związku z tym są one w stanie skolonizować wiele różnorodnych powierzchni i przetrwać na nich powodując przewlekłe infekcje, mimo stosowania środków dezynfekcyjnych czy antybiotyków (Moormeier i Bayles, 2017). Istotne czynniki wpływające na zdolność do kolonizacji człowieka przez gronkowca złocistego, mające również znaczenie w ewentualnym rozwoju jego potencjalnego charakteru chorobotwórczego przedstawiono na Ryc. 4.



Rycina 4. Czynniki kolonizacji organizmu człowieka przez gronkowca złocistego (opracowanie własne na podstawie Weidenmaier i in., 2012; Sakr i in., 2018)

1.5 Chorobotwórczość

Biorąc pod uwagę omówioną zjadliwość gronkowca złocistego oraz jego zdolności przystosowawcze, mikroorganizm ten, przy obniżonej odporności człowieka lub przy innych sprzyjających warunkach, jest w stanie zainfekować dowolną tkankę, biomateriał czy sprzęt medyczny. W związku z czym szacuje się, że jest on najczęstszą na świecie przyczyną zakażeń (Craft i in., 2019). Skóra należy do organów o największym stopniu odporności na środowisko

zewewnętrzne. Nie mniej jednak, jeżeli dochodzi do przerywania jej ciągłości, w wyniku różnego rodzaju urazów, staje się ona bardziej podatna na infekcje (Parlet i in., 2019). Gronkowiec złocisty powoduje częste zakażenia ran, powikłania zespołu stopy cukrzycowej, powstawanie czyraków, ropni i różnych innych zakażeń skóry, tkanki podskórnej i tkanek miękkich. Oszacowanie częstotliwości występowania infekcji skóry jest dość trudne, ze względu na duże ilości przypadków zakażeń nieudokumentowanych (Cheung i in., 2021). Mikroorganizm stanowi także ogromny problem w chirurgii, dzięki zdolności do tworzenia biofilmu, utrudniając gojenie się ran (ZMO - zakażenie miejsca operowanego) lub zasiedlając materiały zastosowane podczas operacji (Tang i in., 2020). Zapalenia stawów, kości i szpiku również są najczęściej spowodowane przez infekcje gronkowcem złocistym. Charakteryzują się one bardzo często nawrotami i ciężkimi stanami przewlekłymi, pomimo prawidłowo wdrożonego leczenia. Spowodowane jest tym, iż drobnoustrój ten posiada zdolność do wewnątrzkomórkowego przetrwania w osteoklastach oraz proliferacji w ich wnętrzu (Krauss i in., 2019). Zagrożeniem dla życia pacjenta są zakażenia inwazyjne krwi spowodowane przez powyższe bakterie (SAB – ang. *Staphylococcus aureus bacteraemia*). Badania wskazują, iż SAB i w konsekwencji sepsa, charakteryzują się większym odsetkiem śmiertelności niż łączna liczba zgonów spowodowana przez zachorowania na AIDS, gruźlicę i WZW. Szacunkowo od 10% do 30% osób z zakażeniem krwi wywołanym przez *S. aureus* kończy się zgonem (van Hal i in., 2012). Wysokie wskaźniki SAB, odnotowuje się w pierwszym roku życia, niskie w młodym wieku i dorosłym, a następnie obserwuje się stopniowy wzrost podczas starzenia się (Laupland i in., 2013). Ponadto większy wskaźnik zapadalności występuje u mężczyzn niż

u kobiet, ale nie jest do końca poznane (Tong i in., 2015). *S. aureus* może wywołać choroby zapalne o podłożu kardiologicznym, które zwykle rozwijają się na skutek masywnej bakteriemii. Dotyczą one zapalenia osierdza, zapalenia mięśnia sercowego (prowadzące często do kardiomiopatii rozstrzeniowej), zapalenia wsierdza (obejmujące zapalenia zastawek serca i/lub protez zastawkowych, jam serca oraz większych naczyń krwionośnych) (Pawsat i Lee, 1998). Szczególnie istotna jest ostatnia grupa schorzeń (SAE – ang. *Staphylococcus aureus endocarditis*), gdyż występuje ona najczęściej i konieczne jest przeprowadzenie zabiegu operacyjnego (Asgeirsson i in., 2017). Kolejnym niebezpiecznym schorzeniem, wywołanym przez *S. aureus*, jest zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych (ZOMR). Do zakażenia może dojść drogą krwiopochodną lub poprzez interwencję neurochirurgiczną. Ilość ZOMR spowodowanych przez gronkowca złocistego jest jednak niewielka, ponieważ stanowi 0,3-8,8% wszystkich przypadków. Nie mniej jednak, śmiertelność jest bardzo wysoka, gdyż dotyczy ok. 50% zachorowań (Aguilari in., 2010). Gronkowiec złocisty może wywoływać szeroką gamę infekcji dróg oddechowych, od bezobjawowej kolonizacji do piorunującego martwiczego zapalenia płuc. Może być czynnikiem etiologicznym, zarówno pozaszpitalnego, jak i szpitalnego zapalenia płuc (Parker i Prince, 2011; Self i in., 2016). Może także powodować zatrucia pokarmowe w wyniku spożycia żywności, w którym nagromadziły się toksyny gronkowcowe (Centers for Disease Control and Prevention, 2022). Zdolny jest również do wywołania infekcji w obrębie oczu i uszu, a także zakażeń układu moczowego (ZUM), sutka, pochwy, czy szyjki macicy (David i Daum, 2017).

2. Podsumowanie

Staphylococcus aureus jest gatunkiem rozpowszechnionym na całym świecie. Posiada liczne czynniki zjadliwości umożliwiające zasiedlanie wielu nisz organizmów żywych. Kolonizacja gronkowcem złościstym w warunkach niesprzyjających, tj. spadku odporności, może być punktem wyjścia dla zakażeń miejscowych i/lub inwazyjnych. Potencjał patogeny tych bakterii jest bardzo szeroki, od łagodnych i czasami samo ograniczających się jednostek chorobowych, po ciężkie stany kliniczne zakończone zgonem pacjenta. Częstość zakażeń wywołanych przez *S. aureus*, w porównaniu z osobami nieskolonizowanymi, jest wyższa u nosicieli. Zakażenia te najczęściej powodowane są przez szczep zasiedlający gospodarza. Monitorowanie nosicielstwa *S. aureus* u pacjentów hospitalizowanych oraz jego eradykacja przed zabiegami operacyjnymi może znacznie ograniczyć ryzyko ciężkich zakażeń szpitalnych oraz dalszego rozprzestrzeniania się tego drobnoustroju. Jednakże niezwykle istotny jest fakt, iż kuracja antybiotykowa, w celu pozbycia się nosicielstwa gronkowca złościstego, bez wyraźnych wskazań medycznych (np. przed operacją kardiochirurgiczną) jest całkowicie nieuzasadniona (Perl i in., 2002). Terapia antybiotykowa prowadzi do: zaburzenia równowagi mikroflory człowieka (w zależności od spektrum działania podanego antybiotyku); osłabienia odporności organizmu poprzez umożliwienie kolonizacji pozostawionych nisz przez inne szczepy bakterii i grzybów potencjalnie chorobotwórczych; możliwości nabycia przez drobnoustroje oporności na dany antybiotyk, bądź ich całą grupę; skutków ubocznych wywołanych przez zastosowane leki. Ponadto dekolonizacja nigdy nie gwarantuje stałego usunięcia gronkowca złościstego z organizmu człowieka.

Najprawdopodobniej kolonizacja odnowi się po pewnym czasie. W związku z powyższym wyizolowanie *S. aureus* z posiewu wymazu z nosa, gardła, nosogardła lub ze zdrowej skóry, oznacza nosicielstwo i nie powinno być leczone.

3. Literatura

Aguilar J., Urday-Cornejo V., Donabedian S., Perri M., Tibbetts R., Zervos M. 2010. *Staphylococcus aureus* Meningitis Case Series and Literature Review, *Medicine*, 89(2), 117-125

Asgeirsson H., Thalme A., Weiland O., 2017. *Staphylococcus aureus* bacteraemia and endocarditis – epidemiology and outcome: a review, *Infectious Diseases*, 50(3), 175-192

Balasubramanian D., Harper L., Shopsis B., Torres V.J. 2017. *Staphylococcus aureus* pathogenesis in diverse host environments, *Pathogens and Disease*, 75, 1

Bhunia A.K. 2018. *Staphylococcus aureus*, *Foodborne Microbial Pathogens* pp 181–192

Bogaert D., van Belkum A., Sluijter M., Luijendijk A., de Groot R., Rümke H.C., Verbrugh H.A., Hermans P.W.M. 2004. Colonisation by *Streptococcus pneumoniae* and *Staphylococcus aureus* in healthy children, *The Lancet*, Vol. 363, 9424, 1871-1872

Brown A.F., Leech J.M., Rogers T.R., McLoughlin R.M. 2014. *Staphylococcus aureus* colonization: modulation of host immune response and impact on human vaccine design. *Front. Immunol*, 8(4): 507

Bryk J. 2011. Ewolucja człowieka molekularnie, *Science in School*, The European journal for science teachers, 17

Centers for Disease Control and Prevention. www.cdc.gov (dostęp 22 czerwca 2022 r.)

Cheung G.Y.C., Bae J.S., Otto M., 2021. Pathogenicity and virulence of *Staphylococcus aureus*, *Virulence*, 12(1), 547-569

Cole A.M., Tahk S., Oren A., Yoshioka D., Kim Y.H., Park A., Ganz T. 2001. Determinants of *Staphylococcus aureus* Nasal Carriage, ASM Journals, Clinical Diagnostic Laboratory Immunology, 8(6)

Conlon B. 2014. *Staphylococcus aureus* chronic and relapsing infections: evidence of a role for persister cells: an investigation of persister cells, their formation and their role in *S. aureus* disease. Bioessays 36(10), 991–996.

Craft K.M., Nguyen J.M., Berg L.J., Townsend S.D. 2019. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA): antibiotic-resistance and the biofilm phenotype, Med Chem Comm, 8

David M.Z., Daum R.S., 2017. Treatment of *Staphylococcus aureus* Infections. *Staphylococcus aureus*, pp 325–383

den Heijer C.D.J., van Bijnen E.M.E., Paget W.J., Pringle M., Goossens H., Bruggeman C.A., Schellevis F.G., Stobberingh E.E., APRES Study Team. 2013. Prevalence and resistance of commensal *Staphylococcus aureus*, including methicillin-resistant *S. aureus*, in nine European countries: a cross-sectional study. The Lancet, 13(5): 409-415

Hamdan A., Sainz T., Martinez J.B. 2010. Characterization and Persistence of *Staphylococcus aureus* Strains Isolated from the Anterior Nares and Throats of Healthy Carriers in a Mexican Community, Journal of Clinical Microbiology 48(5):1701-5

Heaton C.J., Gerbig G.R., Sensius L.D., Patel V., Smith T.C. 2020. *Staphylococcus aureus* Epidemiology in Wildlife: A Systematic Review. Antibiotics 2020, 9(2): 89

Iwase T., Uehara Y., Shinji H., Tajima A., Seo H., Takada K., Agata T., Mizunoe Y. 2010. *Staphylococcus epidermidis* Esp inhibits

Staphylococcus aureus biofilm formation and nasal colonization. Nature, 465, 346–349

Javid F., Taku A., Bhat M.A., Badroo G.A., Mudasir M., Sofi T.A. 2018. Molecular typing of *Staphylococcus aureus* based on coagulase gene, Vet World. 11(4): 423–430

Jenul Ch., Horswill A.R., 2019. Regulation of *Staphylococcus aureus* Virulence, ASM Journals Microbiology Spectrum, 7(2)

Kobayashi S.D., DeLeo F.R. 2013. *Staphylococcus aureus* protein A promotes immune suppression, mBio, 4(5):e00764-13

Kot B., Wierzychowska K., Piechota M., Gruzewska A. 2020. Antimicrobial Resistance Patterns in Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* from Patients Hospitalized during 2015–2017 in Hospitals in Poland. Med. Princ Pract 2020, 29: 61–68

Krauss J.L., Roper P.M., Ballard A., Shih Ch., Fitzpatrick J.A.J., Cassat J.E., Ng P.Y., Pavlos N.J., Veis D.J. 2019. *Staphylococcus aureus* Infects Osteoclasts and Replicates Intracellularly, ASM Journals, mBio, Vol. 10, No. 5

Krismer B., Weidenmaier Ch., Zipperer A., Peschel A. 2017. The commensal lifestyle of *Staphylococcus aureus* and its interactions with the nasal microbiota. Nature Reviews Microbiology, 15: 675–687

Kubica M., Guzik K., Koziel J., Zarebski M., Richter W., Gajkowska B., Golda A., Maciag-Gudowska A., Brix H., Shaw L., Foster T., Potempa J. 2008. A potential new pathway for *Staphylococcus aureus* dissemination: the silent survival of *S. aureus* phagocytosed by human monocyte-derived macrophages, PLoS One, 3, e1409

Lacoma A., Edwards A.M., Young B.C., Domínguez J., Prat C., Laabei M. 2019. Cigarette smoke exposure redirects *Staphylococcus*

aureus to a virulence profile associated with persistent infection, Nature, Scientific Reports, 9, 10798

Laupland K.B., Lyytikäinen O., Søgaaard M., Kennedy K.J., Knudsen J.D., Ostergaard C., Galbraith J.C., Valiquette L., Jacobsson G., Collignon P., Schönheyder H.C. 2013. The changing epidemiology of *Staphylococcus aureus* bloodstream infection: a multinational population-based surveillance study, Clin Microbiol Infect. 19(5), 465-71

Lister J.L., Horswill A.R. 2014. *Staphylococcus aureus* biofilms: recent developments in biofilm dispersal, Front. Cell. Infect. Microbiol., doi.org/10.3389/fcimb.2014.00178

Majchrzak K., Szymanek-Majchrzak K., Mierzwińska-Nastalska E. 2015. Ocena częstości występowania i charakterystyka bakterii z rodzaju *Staphylococcus* u pacjentów użytkujących uzupełnienia protetyczne w grupie chorych leczonych przeszczepem narządowym nerki, Protet. Stomatol., LXV, 2, 99-107

Moormeier D.E., Bayles K.W., 2017. *Staphylococcus aureus* biofilm: a complex developmental organism, Molecular microbiology, Vol. 104, 3, 365-376

Mulcahy M.E., Geoghegan J.A., Monk I.R., O'Keeffe K.M., Walsh E.J., Foster T.J., McLoughlin R.M. 2012. Nasal Colonisation by *Staphylococcus aureus* Depends upon Clumping Factor B Binding to the Squamous Epithelial Cell Envelope Protein Loricrin, PLOS Pathogens

Oliveira D., Borges A., Simões M., 2018. *Staphylococcus aureus* Toxins and Their Molecular Activity in Infectious Diseases, Toxins 2018, 10(6), 252

Otto M. 2020. Staphylococci in the human microbiome: the role of host and interbacterial interactions, *Curr. Opin. Microbiol.*, 53, 71-77

Parker D., Prince A. 2011. Immunopathogenesis of *Staphylococcus aureus* pulmonary infection, *Seminars in Immunopathology*, 34, 281-297

Parlet C.P., Brown M.M., Horswill A.R. 2019. Commensal Staphylococci Influence *Staphylococcus aureus* Skin Colonization and Disease, *Trends Microbiol.*, 24, 6, 497-507

Pawsat D.E., Lee J.Y., 1998. Inflammatory disorders of the heart: Pericarditis, Myocarditis, and Endocarditis, *Emergency Medicine Clinics of North America*, 16(3), 665-681

Perl T.M., Cullen J.J., Wenzel R.P., Zimmerman M.B., Pfaller M.A., Sheppard D., Twombly J., French P.P., Herwaldt L.A. 2002. Intranasal Mupirocin to Prevent Postoperative *Staphylococcus aureus* Infections, *N Engl J Med* 2002; 346:1871-1877

Rossi C.C, Pereira M.F., Giambiagi-deMarval M. 2020. Underrated *Staphylococcus* species and their role in antimicrobial resistance spreading, *Genet. Mol. Biol.* 43 (1 suppl 2)

Self W.H., Wunderink R.G., Williams D.J., Zhu Y., Anderson E.J., Balk R.A., Fakhran S.S., Chappell J.D., Casimir G., Courtney D.M., Trabue Ch., Waterer G.W., Bramley A., Magill S., Jain S., Edwards K.M., Grijalva C.G. 2016. *Staphylococcus aureus* Community-acquired Pneumonia: Prevalence, Clinical Characteristics, and Outcomes, *Clinical Infectious Diseases*, 63(3), 300-309

Shukla S.K., Rose W., Schrodi S.J., 2015. Complex host genetic susceptibility to *Staphylococcus aureus* infections, *Trends in Microbiology*, Vol. 23, 9, 529-536

Sun Y., Emolo C., Holtfreter S., Wiles S., Kreiswirth B., Missiakas D., Schneewind O., 2018, Staphylococcal Protein A Contributes to Persistent Colonization of Mice with *Staphylococcus aureus*, J Bacteriol, 200(9):e00735-17

Szewczyk E.M. 2020. Diagnostyka bakteriologiczna, Wydawnictwo naukowe PWN SA, Wydanie III, 14-25

Tam K., Torres V.J., 2019. *Staphylococcus aureus* Secreted Toxins and Extracellular Enzymes, ASM Journals, Microbiology Spectrum, Vol. 7, No. 2

Tang J., Hui J., Ma J., Mingquan Ch. 2020. Nasal decolonization of *Staphylococcus aureus* and the risk of surgical site infection after surgery: a meta-analysis, Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials, 19, 33

Taylor T.A., Unakal C.G. 2022. *Staphylococcus aureus*. Stat Pearls Publishing. Books

van Hal S.J., Jensen S.O., Vaska V.L., Espedido B.A., Paterson D.L., Gosbell I.B. 2012. Predictors of Mortality in *Staphylococcus aureus* Bacteremia. ASM Journals, Clinical Microbiology Reviews, 25(2)

Tong S.Y.C., Davis J.S., Eichenberger E., Holland T.L., Fowler Jr V.G. 2015. *Staphylococcus aureus* Infections: Epidemiology, Pathophysiology, Clinical Manifestations, and Management, ASM Journals Clinical Microbiology Reviews, 28(3)

Villanueva M., García B., Valle J., Rapún B., de Los Mozos I.R., Solano C., Martí M., Penadés J.R., Toledo-Arana A., Lasa I. 2018. Sensory deprivation in *Staphylococcus aureus*, Nature Communications volume 9, Article number: 523

Weidenmaier Ch., Goerke Ch., Wolz Ch. 2012. *Staphylococcus aureus* determinants for nasal colonization, Trends in Microbiology, 20(5), 243-250

Yan M., Pamp S.J., Fukuyama J., Hwang P.H., Cho D.Y., Holmes S., Relman D.A. 2013. Nasal Microenvironments and Interspecific Interactions Influence Nasal Microbiota Complexity and *S. aureus* Carriage, Cell Host & Microbe, 14(6), 631-640

Zanger P., Nurjadi D., Vath B., Kremsner P.G. 2011. Persistent Nasal Carriage of *Staphylococcus aureus* Is Associated with Deficient Induction of Human β -Defensin 3 after Sterile Wounding of Healthy Skin In Vivo, ASM Journals, Infection and Immunity, 79(7)

Zhang W., Duan S., Kistner E.O., Bleibel W.K., Huang R.S., Clark T.A., Chen T.X., Schweitzer A.C., Blume J.E., Cox N.J., Dolan M.E. 2008, Evaluation of genetic variation contributing to differences in gene expression between populations, Am J Hum Genet, 82(3), 631-640.

Działania prewencyjne w walce z COVID-19

Covid-19 prevention activities

**Aneta Musiał¹, Mariola Mendrycka¹, Agnieszka
Woźniak – Kosek²**

¹Uniwersytet Radomski im. K. Pułaskiego w Radomiu, Wydział
Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu, Katedra Pielęgniarstwa

²Wojskowy Instytut Medyczny – PIB w Warszawie, Zakład Dia-
gnostyki Laboratoryjnej

Streszczenie

Pandemia spowodowana nowym rodzajem koronawirusa SARS-CoV-2 wywołała strach o zdrowie i życie ze względu na szybkie rozprzestrzenianie się wirusa, jego wysoką zakaźność, chorobotwórczość i w wielu przypadkach bardzo ciężki przebieg choroby, a nawet śmierć. W ramach profilaktyki zakażeń stosowano w niektórych branżach lockdown, bądź zmieniano sposób działalności, tak aby zminimalizować bezpośrednie kontakty. W miejscach użyteczności publicznej dokonywano pomiaru temperatury, zaczęto używać osłon chroniących przed bezpośrednim kontaktem.

Dokładne mycie rąk wodą z mydłem i odkażanie preparatem dezynfekującym na bazie co najmniej 60-procentowego roztworu alkoholowego, systematyczne mycie i dezynfekcja przedmiotów oraz powierzchni to jedne z elementów prewencji w walce z COVID-19. Ponadto unikano dotykania twarzy, oczu, nosa i ust oraz skupisk ludzi, zachowywano co najmniej dwumetrowy dystans społeczny. Nie stosowanie bliskiego kontaktu z osobami wykazującymi objawy chorób układu oddechowego, pozostawanie w izolacji w przypadku występujących objawów infekcji lub kontaktu z osobą chorą, przestrzeganie zasad higieny podczas kaszlu i kichania stanowiły kolejne wytyczne podczas pandemii. Działania podejmowane w placówkach medycznych obejmowały zapewnienie osobnych ciągów komunikacyjnych, zwiększenie odstępu czasowego między przyjęciami pacjentów, ograniczenie przebywania w poczekalni, częste wietrzenie pomieszczeń. Ważne i priorytetowe stały się obowiązkowe szczepienia przeciwko COVID-19 wśród personelu medycznego i studentów kierunków

medycznych. Przymus szczepień wśród wielu osób wywołał sprzeciw i bunt przeciw nakazom. Odpowiedzialni za zdrowie swoje, bliskich, jak i pacjentów nie powinni dopuścić jednak do absencji, która w pierwszej fali zakażeń doprowadziła do poważnych zakłóceń w pracy. Ogólna dostępność szczepień, możliwość zaszczepienia się kolejnymi dawkami zwiększającymi odporność na zakażenie, znacznie poprawiło stan fizyczny, jak i psychiczny społeczeństwa. Dało poczucie bezpieczeństwa i nadzieję na szybsze zakończenie pandemii. Liczne ciężkie objawy, a także pozostające po przechorowaniu powikłania znacznie motywują i przyspieszają decyzję wśród wielu osób o szczepieniu przeciwko COVID-19. Przewodzone badania naukowe dowiodły, iż systematyczne szczepienia zapobiegają zachorowaniu, a w sytuacji występujących objawów choroby przebieg jej jest znacznie łagodniejszy.

Słowa kluczowe: covid-19, koronawirus SARS-CoV-2, pandemia, środki ochrony, szczepienia

Abstract

The pandemic caused by a new type of coronavirus, SARS-CoV-2, caused fear for health and life because of the rapid spread of the virus, its high infectivity, its pathogenicity and, in many cases, the severity of the illness and even death. To prevent infection, lockdowns were used in some industries or activities were changed to minimise direct contact. Temperature measurements were taken in places of public use, and shields began to be used to protect against direct contact. Thorough hand washing with soap and water and disinfection with a disinfectant based on at least 60 per cent alcohol solution, systematic washing and disinfection of objects and surfaces are among the preventive elements in the fight against COVID-19. In addition, touching the face, eyes, nose and mouth and clusters of people was avoided and a social distance of at least two metres was kept. Not using close contact with people showing symptoms of respiratory disease, remaining in isolation if there are signs of infection or contact with a sick person, and observing hygiene rules when coughing and sneezing were other guidelines during the pandemic. Measures taken in medical facilities included providing separate passageways, increasing the time interval between patient admissions, limiting people in the waiting room, frequent ventilation of rooms. Mandatory vaccination against COVID-19 among medical staff and medical students became important and a priority. The compulsion to vaccinate has provoked opposition and rebellion against the orders among many people. However, those responsible for the health of themselves, their loved ones and their patients should not allow absenteeism, which in the first wave of infections led to serious work disruptions. The general availability of vaccinations, the possibility of

being vaccinated with further doses that increase resistance to infection, has significantly improved the physical as well as the mental state of the population. It provided a sense of security and hope for a more rapid end to the pandemic. Numerous severe symptoms, as well as complications remaining after the disease, significantly motivate and accelerate the decision of many people to be vaccinated against COVID-19. Ongoing scientific research has proven that systematic vaccination prevents the disease, and when symptoms are present, the course of the disease is much milder.

Keywords: covid-19, SARS-CoV-2 coronavirus, pandemic, protection measures, vaccination

1. Wstęp

Pandemia spowodowana nowym rodzajem koronawirusa SARS-CoV-2 była zaskoczeniem prawie dla wszystkich osób. Wywołała ogromny chaos, izolację, niepokój a nawet śmierć bliskich oraz znajomych (Chen i in., 2020). Ponadto towarzyszył strach o zdrowie i życie nie tylko swoje, ale także innych osób. Dodatkowo wśród personelu medycznego występowała przede wszystkim obawa o bezpieczeństwo i zdrowie swoich podopiecznych oraz pacjentów. Poszukiwano nowych i skutecznych metod prewencji przeciw COVID-19 (Mrukowicz i Ściubisz, 2020).

W pierwszych tygodniach trwania pandemii wiele osób śledziło na bieżąco informacje dotyczące rozprzestrzeniania się wirusa, jego zakaźności i chorobotwórczości. Wirus ten dotąd niepoznany dokładnie, rozwijający się dynamicznie, czasem podstępnie i bezobjawowo (Bavishi i in., 2020). Pandemia znacznie zmieniła dotychczasowe życie społeczeństw na całym świecie. Spowodowała lęk, panikę, niepewność, ból po stracie bliskich. Występujące po przechorowaniu powikłania stały się dla części osób bardzo uciążliwe i pozostawiły po sobie dotkliwe następstwa (Guo i in., 2020).

W ramach profilaktyki zakażeń wirusem SARS CoV-2 wiele branż zdecydowało się na lockdown bądź zmieniło swój sposób działalności, tak aby zminimalizować bezpośrednie kontakty. Spotkania, zakupy, załatwianie spraw urzędowych odbywało się on-line. W wielu miejscach użyteczności publicznej pojawiły się osłony chroniące przed bezpośrednim kontaktem. Maseczki, rękawiczki i płyn dezynfekcyjny stały się nieodłącznym elementem wyposażenia wszystkich chroniących swoje zdrowie oraz innych osób

z otoczenia. Wymagany zaczął być dystans społeczny minimum 1,5 metra we Włoszech oraz Niemczech a w Polsce 2 metry (Socha, 2020).

Nie w każdej dziedzinie jednak można zastosować lockdown bądź pracować on-line. W medycynie takie rozwiązania nie są możliwe. Pacjenci wymagają bezpośredniego kontaktu, wykonywania zabiegów, czynności w bardzo bliskim kontakcie (Krasowski i in., 2020). Jediną ochroną w takim postępowaniu mogą być maseczki, rękawiczki, kombinezony czy przyłbice. Środki ochrony osobistej chronią przed zachorowaniem jednak wykonywanie precyzyjnego zabiegu jest znacznie utrudnione (Świątkowska i in., 2021). Ponadto praca w dodatkowej odzieży ochronnej, sztywnych maskach powodują trudności w oddychaniu, bóle głowy, ogólne zmęczenie i złe samopoczucie (Krasowski i in., 2020).

Stres związany z możliwością zakażenia wirusem SARS CoV-2 oraz praca z pacjentami z ciężkim przebiegiem choroby, umierającymi pacjentami, którzy nie mają możliwości spotkania się z bliskimi nadal jest dodatkowym czynnikiem wpływającym na ciężkie warunki pracy personelu medycznego (Badura-Brzoza i in., 2021). Pielęgniarki w tych trudnych chwilach stały się powiernikami, doradcami i niejednokrotnie jedynymi osobami w bezpośrednim kontakcie z pacjentem (Fukowska i Koweszko, 2021).

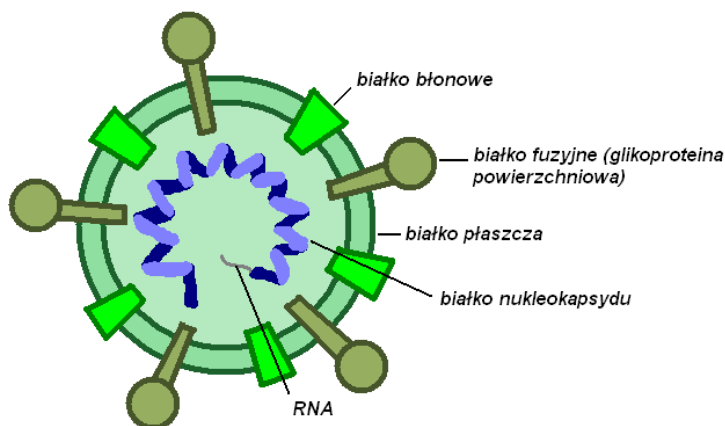
Jedną z najbardziej skutecznych metod w walce z COVID-19 było opracowanie i wdrożenie programu szczepień. Szczepionki przeciw COVID-19 spowodowały zwiększenie odporności, ograniczenie ilości zakażeń, łagodniejszy przebieg zachorowania, nie wymagający hospitalizacji i w przyszłości zakończenie pandemii (Balandynowicz-Panfil, 2021). Dodatkowo nabycie

odporności przeciw wirusowi SARS CoV-2 stało się nadzieją na poprawę warunków pracy pracownikom służby zdrowia i otwarcia placówek medycznych, również dla członków rodziny umożliwiając odwiedzanie swoich bliskich podczas hospitalizacji (Augustynowicz i Jackowska, 2021).

1.1 Epidemiologia i patogeneza choroby

Dnia 11 marca 2020 roku WHO ogłosiło stan pandemii COVID-19 wywołany przez wirusa SARS CoV-2 (Rys. 1), posiadającego cztery białka strukturalne a jego genom stanowi jednociowe RNA (World Health Organization, 2020; Wandtke i in., 2022). Pierwsze doniesienia o zachorowaniu na nietypowe zapalenie płuc wywołane przez nieznany patogen jednak pojawiły się już w grudniu 2019 r. i pochodziły z miasta Wuhan, stolicy prowincji Hubei w Chinach (Hu i in., 2021). Na początku stycznia 2020 r. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) zaczęła publikować dane dotyczące przypadków zakażeń nowym szczepem wirusa z rodziny koronawirusów (Nowakowska i Michalak, 2020). W lutym 2020 r. grupa naukowców zajmujących się badaniem nad koronawirusami wchodząca w skład Międzynarodowego Komitetu Taksonomii Wirusów nadała nowemu wirusowi nazwę wirus SARS-CoV-2, a chorobę będącą wynikiem zakażenia SARS-CoV-2 WHO zaklasyfikowało jako COVID-19 (Zawilińska i Szostek, 2020). Liczba osób zakażonych SARS-CoV-2 (stan na 16 marca 2022 r.) wyniosła w: Polsce - 5 891 140, Europie -170 459 245, na świecie - 470 milionów, a liczba zgonów w: Polsce - 114 218, Europie - 1 753 217, na świecie - 6 099 miliona

(<https://www.worldometers.info/coronavirus/> (dostęp: 21.03.2022).



Rycina 1. Struktura wirusa SARS CoV-2 (opracowanie własne na podstawie Wandtke i in., 2022)

W przypadku zakażenia średni okres inkubacji wynosi około 4-5 dni przed wystąpieniem pierwszych objawów klinicznych, co powoduje rozprzestrzenianie się wirusa od osób, które nie są świadome swojego zakażenia i przenoszą je w kontakcie z innymi (Włodarczyk, 2020). W ciągu 5-6 dni od wystąpienia objawów miano wirusa SARS-CoV-2 osiąga swój szczyt - znacznie wcześniej niż w przypadku SARS-CoV, gdzie szczyt wirerii miał miejsce około 10 dnia po wystąpieniu objawów, a następnie stopniowo spada w ciągu 8 dni (Michalski i in., 2020). Ciężkie przypadki COVID-19 często przechodzą w zespół ostrej niewydolności oddechowej - ARDS - *Acute Respiratory Distress Syndrome* (World Health Organization 2020). Początkowo zakażenie SARS-CoV-2 objawia się gorączką, bólami mięśni i osłabieniem, suchym kaszlem i dusznością, zaburzeniami odczuwania smaku i zapachu, bólem głowy oraz biegunką, nudnościami i wymiotami (Zahra i in., 2020; Świątkowska i in., 2021).

U większości osób zakażonych SARS-CoV-2 choroba przebiega bezobjawowo lub skąpo objawowo, łagodnie, jednak u około 14% pacjentów występują nasilone objawy wymagające hospitalizacji, a u części pacjentów przebieg zakażenia jest bardzo ciężki, często kończący się zgonem (Zhou i in., 2020). Najczęściej ciężki lub śmiertelny przebieg COVID-19 występuje u osób starszych, pacjentów z chorobami towarzyszącymi, w tym z nadciśnieniem tętniczym, cukrzycą, chorobami układu sercowo-naczyniowego, przewlekłą obturacyjną chorobą płuc, przewlekłymi chorobami nerek, chorobami naczyń mózgowych, zakażeniami wirusem HIV lub wirusem zapalenia wątroby typu B, nowotworami, a także u osób z osłabioną funkcją układu immunologicznego (Fang i in., 2020; Pawłowicz i Nowicki 2020; Sanders i in., 2020; Kruszewski, 2021).

1.2 Metody prewencji w walce z COVID-19

Szczepienia przeciw COVID-19

Liczne ciężkie objawy a także pozostające po przechorowaniu powikłania znacznie motywują i przyspieszają decyzje wśród wielu osób o szczepieniu przeciwko COVID-19 (Pinkas i Kicman, 2020).

Wśród opracowanych szczepionek przeciwko COVID-19 oraz preparatów szczepionkowych znajdujących się na zaawansowanym etapie badań klinicznych wyróżniamy genetyczne szczepionki nowej generacji (w tym szczepionki mRNA i wektorowe) oraz szczepionki tradycyjne, opracowane z wykorzystaniem technologii już wcześniej stosowanych w szczepionkach, jak

szczepionki podjednostkowe z rekombinowanymi białkami oraz inaktywowane (Augustynowicz i Jackowska, 2021; Zawilska i in., 2021; Lewandowski i Madoń, 2022).

Technologia opracowania genetycznych szczepionek znacznie uprościła proces ich wytwarzania. Do uzyskania szczepionki mRNA lub wektorowej badacze nie potrzebują hodowli komórkowych wirusa SARS-CoV-2, wykorzystują jedynie wiedzę o jego sekwencji genetycznej (Karikó i in., 2008; Schlake i in., 2012). Dzięki temu stosunkowo szybko otrzymano preparaty szczepionkowe, które można było sprawdzić w badaniach nieklinicznych na zwierzętach i klinicznych na ludziach (Rappuoli i in., 2021). W przypadku szczepionki mRNA dokonano tego w ciągu 66 dni, a w przypadku szczepionek wektorowych w ciągu 3 miesięcy. Jeśli chodzi o tradycyjne szczepionki rekombinowane, badacze potrzebowali 6 miesięcy wstępnych badań, aby wyprodukować szczepionkę (Zawilińska i Szostek, 2020). Pandemia SARS-CoV-2 przyspieszyła rozwój technologii wprowadzenia syntetycznych szczepionek RNA i szczepionek wektorowych o co najmniej 10 lat (Awadasseid i in., 2021; Chung i in., 2021; Dolgin, 2022).

Pocieszająca jest kwestia dynamicznego rozwoju nauki dla skutecznej walki z wirusem SARS CoV-2. Zarówno profilaktyka COVID-19, jak i leczenie zakażonych znacznie ewaluowało od 2019 roku. Leczenie stało się dużo bardziej skuteczne. Coraz więcej osób wychodzi z ciężkiego przebiegu choroby. Niepokojącym jest natomiast fakt, iż przechorowanie COVID-19 nie pozostawia odporności na zawsze (Mahase, 2020). Coraz częściej pojawiają się przypadki powtórnego wystąpienia infekcji u pacjentów uznanych za wyleczonych. Eksperci w dziedzinie chorób

zakaźnych uważają, że powtórna infekcja wirusowa spowodowana jest tym, że pacjent nie wytwarza wystarczającej liczby przeciwciał, co powoduje, że jest bardziej podatny na ponowną infekcję (Nowakowska i Michalak, 2020; Włodarczyk i in., 2020).

Dlatego też tak ważne i priorytetowe stały się obowiązkowe szczepienia przeciwko COVID-19 wśród personelu medycznego i studentów kierunków medycznych. Przymus szczepień wśród wielu pracowników służby zdrowia wywołał sprzeciw i bunt przeciw nakazom (Szudejko i Jachimowicz-Jankowska, 2021). Odpowiedzialni za zdrowie swoje, bliskich jak i pacjentów nie powinni dopuścić jednak do absencji, która w pierwszej fali zakażeń doprowadziła do poważnych zakłóceń w pracy. Częste zakażenia personelu medycznego spowodowały znaczne obciążenie pracowników nie zakażonych, którzy niejednokrotnie pracowali ze zdwojoną siłą. Wielu z nich nie opuszczało swojego miejsca pracy przez kilka dni. Znacznie osłabiło to ich odporność, wytrzymałość fizyczną i psychiczną oraz zaburzyło relacje w rodzinie. Brak kontaktu z bliskimi, zwłaszcza z dziećmi powodowało przygnębienie, smutek, płacz i tęsknotę (Gutorowa i in., 2021).

Kontrowersyjnym tematem stały się szczepienia przeciwko COVID-19 wśród dzieci oraz kobiet w ciąży. Zbyt krótki okres trwania badań nad szczepionką wywołuje obawy przed powikłaniami, które mogą pojawić się w późniejszym czasie (Pac i Migdał 2021; Kałucka, 2020).

Szczepieniom dzieci towarzyszą często wyjątkowo silne emocje. To rodzice decydują o zaszczepieniu bądź nie zaszczepieniu, biorąc na siebie całą odpowiedzialność za podjętą decyzję. Powoduje to niepokój lub wręcz instynktowną obawę przed nowymi

i nieznanymi szczepionkami (Balandynowicz-Panfil, 2021). Ponadto przez wiele miesięcy istniała teoria, że dzieci nie chorują lub może wystąpić u nich choroba, ale bardzo rzadko. Przebieg zakażenia wśród dzieci przebiegał łagodnie. Jednak wariant Delta okazał się bardziej zaraźliwy i częściej narażone na zachorowanie stały się również dzieci (Augustynowicz i Jackowska, 2021).

Ponadto wśród dzieci zaczął pojawiać się zespół PIMS - wieloukładowy zespół zapalny powiązany z COVID-19, dziecięce groźne powikłanie, które może wystąpić także po bezobjawowym zakażeniu SARS-CoV-2. Zespół PIMS rozwija się po około dwóch - czterech tygodniach od zakażenia (Jankowiak i Trzonkowski, 2021). Objawy mogą być nie charakterystyczne, często występują: ból głowy, karku i gardła, wysoka gorączka, osłabienie, apatia, wymioty, biegunka, silny ból brzucha, obrzęk dłoni oraz stóp, zapalenie spojówek, spierzchnięte usta, krostki na języku oraz zmiana koloru języka na intensywnie czerwony i powiększone węzły chłonne. Zespół PIMS może również przybierać postać ciężkiej niewydolności krążenia (Rieske, 2020). Warto dlatego rozważyć możliwość przyjęcia szczepionki przez dzieci aby zminimalizować możliwość wystąpienia ciężkich powikłań pokowidowych, wg zasady lepiej zapobiegać niż leczyć (<https://pacjent.gov.pl/aktualnosc/pims-zespol-pocovidowy-u-dzieci>) (dostęp:21.03.2022).

1.2.1 Diagnostyka zakażeń wirusem SARS CoV-2

Istotną kwestią w profilaktyce zakażeń wirusem SARS CoV-2 jest diagnostyka zakażeń. W Polsce do rozpoznania infekcji konieczna jest detekcja co najmniej 2 genów SARS CoV-2. Wykrycie tylko 1 genu oznacza podejrzenie infekcji i wymaga dalszej weryfikacji diagnostycznej, tj. wykonania testu dwugenowego.

Metoda real time PCR (RT-PCR) jest szczególnie przydatna w okresie wczesnego zakażenia (do 10-14 dni), gdy wiramia u zakażonej osoby jest wysoka (Rastawicki i Rokosz-Chudziak 2020). Zaletami RT-PCR są: niewielkie ryzyko uzyskania wyników fałszywie dodatnich w następstwie reakcji krzyżowych (koinfekcje, inne infekcje przebyte, schorzenia autoimmunologiczne) i możliwość wykrycia zakażenia u osób bezobjawowych (np. z kontaktu z chorym na COVID-19). Wynik może być fałszywie ujemny we wczesnym stadium zakażenia, co jest związane z niską wiramią w okresie inkubacji, przy nieprawidłowym pobraniu materiału biologicznego, niewłaściwym transporcie próbki do laboratorium, zanieczyszczeniu próbki oraz w przypadku mutacji wirusa (Socha, 2020).

Drugą dostępną w Polsce opcją diagnostyki COVID-19 są testy antygenowe wykrywające bezpośrednio białka SARS-CoV-2 w wydzielinach pacjenta. Dużą zaletą tego testu jest to, iż badanie na obecność antygeny trwa 10-30 min. (Rastawicki i Rokosz-Chudziak, 2020).

1.2.2 Stosowanie środków ochrony indywidualnej

Diagnostyka i profilaktyka w postaci szczepionek przeciwko COVID-19 są ważnymi i skutecznymi sposobami w walce z zakażeniami. Równie istotne są działania prewencyjne, które mają na celu zminimalizowanie ryzyka transmisji patogenu (Zawilińska i Szostek 2020). Pomimo coraz większej liczby osób zaszczepionych zwłaszcza wśród personelu medycznego bardzo dużą rolę odgrywają jednak prawidłowe prozdrowotne zachowania pracowników służby zdrowia, stosowanie środków ochrony osobistej i ścisłe przestrzeganie zasad epidemiologicznych (Zalecenia

konsultanta krajowego w dziedzinie chorób zakaźnych z dnia 4 kwietnia 2020 (online); <https://zakazny.pl/2020/04/08/zalecenia-konsultanta-krajowego-dziedzinie-chorob-zakaznych-z-dnia-4-04-2020/>).

Działania te obejmują przede wszystkim częste i dokładne mycie rąk wodą z mydłem, a w przypadku widocznego zabrudzenia, należy zawsze o tej czynności pamiętać. Elementem ważnym w prewencji zakażeń są: częste odkażanie rąk preparatem dezynfekującym na bazie co najmniej 60-procentowego roztworu alkoholowego, systematyczne mycie i dezynfekcja przedmiotów oraz powierzchni (Al-Gheethi i in., 2020).

Kolejnym czynnikiem zapobiegającym rozprzestrzenianiu się patogenu jest unikanie dotykania twarzy, oczu, nosa i ust oraz skupisk ludzi, a jeśli to niemożliwe – zachowanie co najmniej dwumetrowego społecznego dystansu fizycznego (Rubio-Romero i in., 2020; Dhama i in., 2021). Nie stosowanie bliskiego kontaktu z osobami wykazującymi objawy chorób układu oddechowego, pozostawanie w izolacji, jeśli mamy objawy infekcji, przestrzeganie zasad higieny podczas kaszlu i kichania, czyli zasłaniania nosa i ust, najlepiej jednorazową chusteczką higieniczną, to wszystko spowolni proces transmisji wirusa. Obowiązek noszenia masek ochronnych w przypadku przebywania w pobliżu innych osób (np. w sklepie, środkach transportu lub innej zamkniętej przestrzeni) przyczynią się do mniejszej zachorowalności społeczeństwa (He i in., 2021).

Trzeba również pamiętać o codziennym odkażaniu w miejscu pracy często dotykanych powierzchni, jak: klamki, blaty robocze na stanowiskach pracy, biurka, klawiatury, umywalki,

toalety, dozowniki mydła i inne (Bonin i in., 2020). Ponadto zapewnienie pracownikom ogólnego dostępu do środków odkażających skórę przy wejściu do zakładu pracy i w toaletach w opakowaniach niewymagających dotykania palcami (uruchamianych automatycznie, ewentualnie łokciem lub przedramieniem), jak również w miarę możliwości środków, np. w spreju czy jednorazowych nasączonych dezynfektantem chusteczek, których pracownik może użyć samodzielnie na swoim stanowisku przed rozpoczęciem pracy i po jej zakończeniu (Ryc. 2).



Rycina 2. Środki ochrony indywidualnej przeciw zakażeniom wirusem SARS CoV-2 (źródło: opracowanie własne)

Informowanie pracowników (za pośrednictwem poczty elektronicznej czy platformy intra- lub internetowej itp.) o konieczności pozostania w domu w przypadku wystąpienia objawów infekcji dróg oddechowych, zwłaszcza kaszlu, duszności i gorączki (tj. temperatury ciała mierzonej w dole pachowym lub na czole $>38^{\circ}\text{C}$) do czasu całkowitego ustąpienia samoistnego objawów a nie pod wpływem leków (Socha, 2020).

Placówki ochrony zdrowia w sposób specjalny powinny chronić zarówno pacjentów, jak i personel medyczny przed rozprzestrzenianiem wirusa. Działania podejmowane w placówkach medycznych to między innymi: zapewnienie osobnych ciągów komunikacyjnych, czyli wejście, rejestracja, poczekalnia, gabinet, dla pacjentów zgłaszających się na badania profilaktyczne w celu ograniczenia kontaktu z osobami korzystającymi z innych świadczeń zdrowotnych (Karkowska i in., 2021). Dodatkową czynnością stosowaną podczas pandemii był pomiar temperatury ciała pacjentów przed wejściem do przychodni, szpitala lub dojściem do rejestracji. Ponadto ograniczenie czasu oczekiwania w poczekalni na wizytę (maks. 10 min) miało na celu skrócenie czasu potencjalnej ekspozycji pacjenta lub personelu medycznego na patogeny (Rybarczyk-Szwajkowska i in., 2021). Zwiększenie odstępu czasowego między przyjęciami pacjentów (≥ 20 min. między planowym czasem wizyty), wprowadzono by do minimum ograniczyć ich przebywanie w poczekalni. Zapewnienie gabinetów, w których przeprowadzane są badania, o kubaturze umożliwiającej przebywanie personelu i pacjenta w pozycji siedzącej w odległości ≥ 2 m. Gabinet powinien być często wietrzony a pacjent zapewnioną możliwość zdezynfekowania skóry rąk przed wejściem do gabinetu, a po wyjściu

pacjenta każdorazowo należy zdezynfekować klamkę (Rybarczyk-Szwajkowska i in., 2021). Prowadzono również wywiad epidemiologiczny poprzez wypełnianie ankiety dotyczącej stanu zdrowia przed wejściem do przychodni czy gabinetu. W celu zmniejszenia ryzyka transmisji wirusa zalecono wypełnienie ankiety własnym długopisem pacjenta, a w przypadku jego braku – dezynfekcję długopisu po każdym jego użyciu (Karkowska i in., 2021). Podczas przeprowadzania osłuchiwania klatki piersiowej lub pomiaru ciśnienia tętniczego, wykonywaniu zabiegów pielęgnacyjnych i pielęgniarских prosiło się pacjenta o zwrócenie twarzy w kierunku przeciwnym do badającego. Stosowano podczas pracy pracowników medycznych odzież ochronną, jak: kombinezony, fartuchy barierowe, maski, przyłbice, gogle, rękawice (Rybarczyk-Szwajkowska i in., 2021; Karkowska i in., 2021).

Powyższe zalecenia zwiększały bezpieczeństwo personelu medycznego i pacjentów, jednak w codziennej pracy powodowały utrudnienia. Praca w dodatkowym zabezpieczeniu stwarzała dyskomfort, niewygodę w wykonywaniu podstawowych zabiegów, uczucie duszności, ograniczone widzenie, mniejszą precyzję w drobnych manualnych czynnościach.

Stosowanie środków ochrony indywidualnej oraz zwiększone zużycie środków dezynfekcyjnych i częstsza na nie ekspozycja mogą przyczyniać się do rozwoju schorzeń o podłożu alergicznym, w tym przede wszystkim układu oddechowego (alergiczny nieżyt nosa, astma oskrzelowa, obrzękowe zapalenie krtani o podłożu alergicznym), skóry (pokrzywka, kontaktowe zapalenie skóry z podrażnienia, alergiczne kontaktowe zapalenie skóry),

alergicznego zapalenia spojówek oraz ostrych uogólnionych reakcji alergicznych (Patnayak i in., 2008; Świątkowska i in., 2021).

Wydłużony czas oczekiwania na wizytę u lekarza, wizyty online powodowały niezadowolenie oraz złość wśród pacjentów. Konieczność długiego oczekiwania na diagnostykę, leczenie u części pacjentów powodowała rezygnację i zaprzestanie terapii. W innych przypadkach gdy chory zgłaszał się do placówki ochrony zdrowia, choroba była już w dużym stopniu zaawansowana. Choroby nowotworowe, kardiologiczne, pulmonologiczne czy nefrologiczne przez brak możliwości systematycznego leczenia rozwijały się doprowadzając niekiedy nawet do śmierci.

2. Podsumowanie

Początek zakażeń wirusem SARS Cov-2 dla personelu medycznego, to dla jednych niedowierzenie, absurd i negowanie zaleceń, a dla innych strach, panika i ucieczka. Brak przygotowania placówek medycznych na walkę i profilaktykę zakażeń, niedobory środków ochrony osobistej powodowały wśród personelu medycznego niejednokrotnie unikanie odpowiedzialności i szukanie ratunku w zwolnieniach lekarskich lub zwolnieniach i odejściu z pracy.

Stale, niepokojące doniesienia medialne pogłębiały niepokój o swoje zdrowie i życie. Ponadto dynamika i sposób rozprzestrzeniania się wirusa dawały również powody do zmartwień o bezpieczeństwo rodziny, o narażanie najbliższych na możliwość przeniesienia im wirusa. Jednocześnie często pojawiały się przypadki wykluczenia ze społeczeństwa, odsunięcia pracowników ochrony zdrowia od przyjaciół, znajomych. Popularne stały się

zarówno oznaki wdzięczności, szacunku, uznania dla personelu medycznego za profesjonalizm i odwagę, jak i skrajnie inne zachowania społeczeństwa, takie jak: unikanie kontaktów, izolacja, zakazy wstępu, np. do sklepów, stygmatyzowanie dzieci personelu medycznego.

Pandemia koronawirusa rozpoczęła się kilka lat temu. Dziś, w 2025 roku, wirus jest już znacznie lepiej poznany. Opracowano skuteczniejsze metody leczenia, a społeczeństwo nauczyło się funkcjonować w nowej rzeczywistości, chronić przed zakażeniem i stosować profilaktykę. Choć pandemia formalnie dobiegła końca, jej skutki – zdrowotne, społeczne i emocjonalne – wciąż są odczuwalne.

3. Literatura

Al-Gheethi A., Al-Sahari M., Malek M.A., Noman E., Al-Maqtari Q., Mohamed R., Talip B.A., Alkhadher S., Hossain M.S. 2020. Disinfection methods and survival of SARS-CoV-2 in the environment and contaminated materials: a bibliometric analysis. *Sustainability* 12(18):7378. <https://doi.org/10.3390/su12187378>.

Augustynowicz E., Jackowska T. 2021. COVID-19 - szczepionki i szczepienia. *Przegl. Pediatr.* 50/2B/16 – 26.

Awadasseid A., Wu Y., Tanaka Y., Zhang W. 2021. Current advances in the development of SARS-CoV-2 vaccines. *Intern J Biol Sci.* 17(1): 8-19. doi: 10.7150/ijbs.52569.

Badura-Brzoza K., Bułdak R., Dębski P., Kasperczyk S., Woźniak-Grygiel E., Konka A. ... and Brzoza Z. (2021). Stres okresu pandemii wirusa SARS–CoV-2 a zachowania prozdrowotne wśród personelu medycznego - doniesienie wstępne. *Psychiatr. Polska* 238: 1-10. doi:10.12740/PP/OnlineFirst/134191.

Balandynowicz-Panfil K. (2021). Media, informacja a szczepienia przeciw COVID-19. *Media-Biznes-Kultura. Dziennikarstwo i komunikacja społeczna* (11): 201-215.

Bavishi C., Maddox T.M., Messerli F.H. 2020. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) infection and renin angiotensin system blockers. *JAMA Cardiol.* doi: 10.1001/jamacardio.2020.1282.

Bonin L., Vitry V., Olivier M.G., Bertolucci-Coelho L. 2020. Covid-19: effect of disinfection on corrosion of surfaces. *Corros Eng Sci Technol* 55(8):693–695. <https://doi.org/10.1080/1478422X.2020.1777022>.

Chen N., Zhang L. i in., 2020. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet* 395: 507-513.

Chung J. Y., Thone M. N., Kwon Y. J. 2021. COVID-19 vaccines: The status and perspectives in delivery points of view. *Adv Drug Deliv Rev.* 170: 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2020.12.011>.

Dhama K., Patel S. K., Kumar R., Masand R., Rana J., Yattoo M. ... and Harapan H. 2021. The role of disinfectants and sanitizers during COVID-19 pandemic: advantages and deleterious effects on humans and the environment. *Environ Sci Pollution Res.* 28(26): 34211-34228. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14429-w>.

Dolgin E. 2022. Omicron thwarts some of the world's most-used COVID vaccines. *Nature* 601(7893): 311, 2022 01. ID: covidwho-1625143

Fang L., Karakiulakis G., Roth M. 2020. Are patients with hypertension and diabetes mellitus at increased risk for COVID-19 infection? *Lancet Respir. Med.* doi: 10.1016/S2213-2600(20) 30116-8.

Fukowska M., Koweszko T. (2021). Analiza stanu psychicznego i satysfakcji z pracy personelu medycznego w okresie pandemii COVID-19. *Psychiatria*. doi: 10.5603/PSYCH.a2021.0043

Guo Y.R., Cao Q.D., Hong Z.S., Tan Y.Y., Chen S.D., Jin H.J., Tan K.S., Wang D.Y., Yan Y. 2020. The origin, transmission and clinical therapies on Coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak – an update on the status. *Mil. Med. Res.* doi: 10.1186/s40779-020-00240-0.

Gutorowa N., Paszkow W., Kaganovska T. 2021. Zapewnienie praw i wolności obywateli w przypadku szczepienia przeciwko COVID-19 w publicznym systemie opieki publicznej. *Wiad Lek.* 74(11 cz. 2): 2863-2869.

He W., Guo Y., Liu J., Yue Y., Wang J. 2021. Filtration performance degradation of in-use masks by vapors from alcohol-based hand sanitizers and the mitigation solutions. *Global Challenges* 5(9): 2100015. doi: 10.1002/gch2.202100015.

<https://pacjent.gov.pl/aktualnosc/pims-zespol-pocovidowy-udzieci> (dostęp:21.03.2022).

<https://www.worldometers.info/coronavirus/> (dostęp:21.03.2022)

Hu B., Huang S., Yin L. 2021. The cytokine storm and COVID-19. *J Med Vir.* 93(1): 250-256. doi: 10.21307/PM-2020.59.3.16

Jankowiak M., Trzonkowski, P. 2021. Szczepienia - dlaczego są ważne? *Kosmos* 70(3): 451-457.

Kałucka S. 2020. Grypa - etiologia, epidemiologia, prewencja i leczenie w 2020 roku. *Geriatrics* 14: 107-117

Karikó K., Muramatsu H., Welsh F.A. i in., 2008. Incorporation of pseudouridine into mRNA yields superior nonimmunogenic vector with increased translational capacity and biological stability. *Mol Ther* 16: 1833-1840.

Karkowska D., Krajewski R., Karkowski T. 2021. Obowiązek udzielenia pomocy medycznej oraz prawo pracownika do powstrzymania się od wykonywania pracy w warunkach niegodnych

z przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy oraz pozbawionych środków ochrony osobistej – dylematy w czasie epidemii COVID-19. *Med Pr.* 72(6): 661-669

Krasowski G., Próchnicka B., Tarara K. 2020. Zabezpieczenie pacjenta i personelu medycznego podczas wykonywania procedur medycznych w trakcie epidemii COVID-19. *Forum Leczenia Ran* 1(2):47-53.

Kruszewski J. 2021. Astma i choroby alergiczne a COVID-19. *Lekarz Wojskowy* 99(1): 28-35. <http://hdl.handle.net/20.500.12564/256>.

Lewandowski P., Madoń K. 2022. Skuteczność szczepień przeciw covid-19 w Polsce. *Instytut Badań Strukturalnych IBS Policy Paper* 1/2022. ISSN: 2451-4365

Mahase E. 2020. Covid-19: what do we know so far about a vaccine? *BMJ* doi: 10.1136/bmj.m1679

Michalski A., Bielawska-Drózd A., Cieślik P., Makowski P., Kocik J. 2020. Metody diagnostyki laboratoryjnej COVID-19. *Wiedza Medyczna* 1-9. <https://doi.org/10.36553/wm.41>

Mrukowicz J., Ściubisz M. 2020. Wyciąg po szczepionkę przeciwko SARS-CoV-2. Wielkie nadzieje i wielkie zapytania. *Med. Prakt.* 5: 36-48.

Nowakowska E., Michalak S.S. 2020. COVID-19 Choroba wywołana zakażeniem wirusem SARS-CoV-2 globalnym zagrożeniem dla zdrowia publicznego. *Post Mikrob.* 59(3): 227-236.

Pac M., Migdał M. 2021. Czy powinniśmy szczepić dzieci przeciw COVID-19? *Almanach* 56(16) 4: 56-59.

Patnayak D.P., Prasad A.M., Malik Y.S., Ramakrishnan M.A., Goyal S.M. 2008. Efficacy of disinfectants and hand sanitizers against avian respiratory viruses. *Avian Dis* 52:199–202. <https://doi.org/10.1637/8097-082807-Reg.1>

Pawłowicz E., Nowicki M. 2020. Renal involvement in COVID-19 - review of the current literature. *Nefrol. Dializoter. Pol.* 24(1-2).

Pinkas M., Kicman A. 2020. Kannabidiol – potencjalne remedium w terapii COVID-19. *Wszechświat* 121(7-9). <https://nowy-wszechswiat.ptpk.org/index.php/wszechswiat/issue/view/46>

Rappuoli R., De Gregorio E., Del Giudice G. i in., 2021. Vaccinology in the post-COVID-19 era. *Proc Natl Acad Sci USA* 118 (3): e2020368118. <https://www.pnas.org/con-tent/118/3/e2020368118>.

Rastawicki W., Rokosz-Chudziak N. 2020. Charakterystyka oraz ocena przydatności serologicznych testów w diagnostyce zakażeń wywoływanych przez koronawirus SARS-CoV-2 na podstawie dostępnych danych producentów i przeglądu piśmiennictwa. *Przegl. Epidemiol.* 74(1):113-132.

Rieske P. 2020. Szczepionka przeciwko COVID-19 czy przeciwko zakażeniu SARS-CoV-2? *Alergol Pol.* 7(3): 1-15. [doi:10.5114/pja.2020.97913](https://doi.org/10.5114/pja.2020.97913).

Rubio-Romero J.C., Del Carmen P.-F.M., Antonio Torrecilla García J., Calero-Castro S. 2020. Disposable masks: disinfection and sterilization for reuse, and non-certified manufacturing, in the

face of shortages during the COVID-19 pandemic. *Saf Sci* 129:104830. 104830.<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104830>

Rybarczyk-Szwajkowska A., Staszewska A., Timler M., Rydlewska-Liszkowska I. 2021. Zmiany organizacyjne i finansowe w pracy pracowników podstawowej opieki zdrowotnej w czasie pandemii COVID-19 w Polsce. *Med Pr.* 72(5):591-604.

Sanders J.M., Monogue M.L., Jodlowski T.Z., Cutrell J.B. 2020. Pharmacologic treatments for coronavirus disease 2019 (COVID-19). A review. *JAMA* 323: 1824-1836.

Schlake T., Thess A., Fotin-Mleczek M. i in., 2012. Developing mRNA-vaccine technologies. *RNA Biology* 9 (11):1319-1330. <https://doi.org/10.4161/rna.22269>.

Socha K. 2020. Zagrożenie i zapobieganie COVID-19 w miejscu pracy. Poradnik dla służby medycyny pracy. Wydawnictwo Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera ISBN 978-83-63253-42-4

Szudejko P., Jachimowicz-Jankowska P. 2021. Regulacje prawne w zakresie szczepień ochronnych przeciwko COVID-19 - problemy wybrane. *Studia Prawa Publicznego* (4 (36): 79-108.

Świątkowska B., Walusiak-Skorupa J., Juszczyk G., Gierczyński R., Socha K. and Lipińska-Ojrzanowska A. (2021). Ochrona zdrowia pracujących przed zakażeniem KORONAWIRUSEM SARS-COV-2 wywołującym COVID-19 - aktualny stan wiedzy i zalecenia. *Med. Pr.* 72(1): 69-87. doi: <https://doi.org/10.13075/mp.5893.01042>

Wandtke T., Wędrowska E., Szczur M., Przybylski G., Libura M., Kopiński P. 2022. Aptamers-Diagnostic and therapeutic solution

in SARS-CoV-2. *Int. J. Mol. Sci.* 23(3):1412.
<https://doi.org/10.3390/ijms23031412>

Włodarczyk W. C. 2020. Uwagi o pandemii COVID-19 w Polsce. Perspektywa polityki zdrowotnej. *Zdr. Publ. Zarządz.* 18(2): 126-148.

Włodarczyk W. C., Juszczyk G., Zdrojewski T., Hanke W., Samoliński B., Wojtyniak B. 2020. Stanowisko Komitetu Zdrowia Publicznego Polskiej Akademii Nauk w sprawie szczepień przeciw COVID-19. *Zdr. Publ. Zarządz.* 3:193-201.

World Health Organization. (2020). Postępowanie kliniczne w ostrym zakażeniu dróg oddechowych o ciężkim przebiegu (SARI) w przypadku podejrzenia choroby COVID-19 Wytyczne tymczasowe 13 Marca 2020 [Clinical management of severe acute respiratory infection (SARI) when COVID-19 disease is suspected: interim guidance, 13 March 2020] (No. WHO/2019-nCoV/Clinical/2020.4). World Health Organization. Regional Office for Europe.

World Health Organization: Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19, 11.03.2020. <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-openingremarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> (21.03.2022)

Wrześniewska-Wal I. 2021. Rola podmiotów leczniczych w procesie zmian legislacyjnych na przykładzie działań związanych z epidemią wirusa SARS-CoV-2. *Acta Iuridica Resoviensia* 4 (35): 2021
<http://repozytorium.ur.edu.pl/handle/item/7528>

Zahra S.A., Iddawela S., Pillai K., Choudhury R.Y., Harky A. 2020. Can symptoms of anosmia and dysgeusia be diagnostic for COVID-19? *Brain Behav.* 10(11): e01839.

Zalecenia konsultanta krajowego w dziedzinie chorób zakaźnych z dnia 4 kwietnia 2020 (online); <https://zakazny.pl/2020/04/08/zalecenia-konsultanta-krajowego-dziedzinie-chorob-zakaznych-z-dnia-4-04-2020/>

Zawilińska B., Szostek S. 2020. Koronawirusy o niskiej i wysokiej patogenności, zakażające człowieka. *Zakażenia XXI wieku* 3(1): 1. doi:10.31350/zakazenia/2020/1/Z2020006.

Zawilska J. B., Kuczyńska K., Gawior M., Kosiorek M., Dąbrowska K., Dominiak Z., ... and Maj P. 2021. Szczepionki i leki stosowane w terapii COVID-19. *Farmacja Polska* 77(2): 178-192. doi:10.32383/farmpol/135224.

Zhou P., Shi Z.L. i in., 2020. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature* 579: 270-273.

Rozwój wykorzystania lecytyny oraz soi w ujęciu technologicznym oraz zdro- wotnym – artykuł przeglądowy

**Development of the use of lecithin in technological
and health terms - review**

Martyna Magalska^{1, 2}

¹Gdański Uniwersytet Medyczny Wydział Nauk o Zdrowiu
z Instytutem Medycyny Morskiej i Tropikalnej

²Koło Naukowe żywienia i profilaktyki żywieniowej Uniwer-
sytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

Streszczenie

Celem artykułu jest kompleksowa analiza właściwości funkcjonalnych oraz technologicznych lecytyny i składników pochodzących z soi, ze szczególnym uwzględnieniem ich znaczenia w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym, a także ich wpływu na organizm człowieka. Praca koncentruje się na wieloaspektowym ujęciu zastosowania soi jako głównego źródła lecytyny i białek roślinnych, analizując ich strukturę, mechanizmy działania oraz potencjalne korzyści zdrowotne. Szczególna uwaga została poświęcona właściwościom emulgującym lecytyny, jej zdolności do stabilizacji emulsji, poprawy biodostępności substancji aktywnych oraz jej zastosowaniu w produkcji żywności funkcjonalnej i suplementów diety.

W pracy poruszono również temat izoflawonów sojowych i ich roli w łagodzeniu objawów menopauzalnych, a także wpływu białek i polisacharydów sojowych na odpowiedź immunologiczną organizmu. Omówiono także możliwe kontrowersje związane ze spożywaniem produktów sojowych, w tym zagadnienia dotyczące fitoestrogenów, alergii oraz potencjalnych skutków ubocznych ich długoterminowego stosowania.

Podkreślono, że lecytyna i komponenty sojowe wykazują wszechstronne działanie biologiczne i technologiczne, co czyni je cennymi składnikami w tworzeniu innowacyjnych rozwiązań w dziedzinie żywienia, medycyny oraz przemysłu spożywczego. Praca ma na celu syntetyczne ujęcie aktualnego stanu wiedzy oraz wskazanie kierunków przyszłych badań w tym obszarze.

Słowa kluczowe: lecytyna, soja, izoflawony, menopauza

Abstract

The purpose of this review is to comprehensively analyze the functional and technological properties of lecithin and soy-derived components, with a focus on their importance in the food and pharmaceutical industries, as well as their effects on the human body. The work focuses on a multifaceted view of the use of soy as a major source of lecithin and plant proteins, analyzing their structure, mechanisms of action and potential health benefits. Special attention has been paid to lecithin's emulsifying properties, its ability to stabilize emulsions, improve the bioavailability of active substances, and its use in the production of functional foods and dietary supplements.

The paper also addresses soy isoflavones and their role in alleviating menopausal symptoms, as well as the effect of soy proteins and polysaccharides on the body's immune response. Possible controversies related to the consumption of soy products are also discussed, including issues related to phytoestrogens, allergies and potential side effects of their long-term use.

It was emphasized that lecithin and soy components exhibit versatile biological and technological activities, making them valuable ingredients in the creation of innovative solutions in the fields of nutrition, medicine and the food industry. The work aims to synthesize the current state of knowledge and identify directions for future research in this area.

Keywords: lecithin, soy, isoflavones, menopause

1. Wstęp

1.1 Wprowadzenie i cel pracy

Lecytyna oferuje szereg potencjalnych korzyści zdrowotnych, w tym wspieranie funkcji poznawczych poprzez dostarczanie choline — niezbędnego składnika do syntezy neuroprzekaźnika acetylocholine. Wykazuje również właściwości hepatoprotekcyjne, chroniąc wątrobę przed szkodliwym działaniem toksyn oraz wspomagając regenerację komórek wątrobowych. Lecytyna może pozytywnie wpływać na układ sercowo-naczyniowy poprzez obniżenie poziomu cholesterolu we krwi. Dieta bogata w lecytynę może modyfikować homeostazę cholesterolu oraz regulować metabolizm lipoprotein wątrobowych, co przekłada się na poprawę profilu lipidowego organizmu (Mourad i in.,2009).

Fitoterapeutyczny efekt lecytyny obejmuje obniżenie stężeń cholesterolu poprzez zwiększenie wydzielania żółci, zmniejszenie wchłaniania cholesterolu w jelitach oraz zwiększenie wydalenia kwasów żółciowych — mechanizmy te zostały zasugerowane jako kluczowe dla lipidomodulujących właściwości białka sojowego (Mourad i in.,2009; Lamireau i in.,2007). Ponadto, lecytyna odgrywa istotną rolę w aktywacji oraz blokowaniu ekspresji genów, utrzymaniu integralności i elastyczności błon komórkowych, a także w procesie syntezy acetylocholine, co czyni ją nieodzownym elementem w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu (Zeisel i da Costa, 2009).

W artykule przeanalizowano w szczególności udział i wykorzystanie soi i lecytyny na rynku technologicznym. Dodatkowo poruszono kontrowersyjne aspekty konsumpcji soi, w tym jej

potencjalnych implikacji dla wzrostu, dojrzewania, płodności, feminizacji oraz interakcji między lekami. Celem niniejszej pracy jest analiza zastosowania soi i lecytyny w przemyśle spożywczym oraz technologicznym, ze szczególnym uwzględnieniem ich wpływu na zdrowie człowieka.

1.2 Struktura chemiczna i rola biologiczna lecytyny

Lecytyna jest naturalnym połączeniem diglicerydów składających się z kwasu palmitynowego, stearynowego z kwasem oleinowym połączonym z estrem choliny kwasu fosforowego (Onaolapo i in., 2024).

Jest to złożona mieszanina fosfolipidów, trójglicerydów i glikolipidów. Fosfolipidy są podstawowym składnikiem lecytyny i odpowiadają za jej wyjątkowe właściwości (Harasym i Banaś, 2024). W organizmie człowieka cholina występuje głównie w fosfolipidach, takich jak właśnie lecytyna (fosfatydylocholina) i sfingomielina. Lecytyna stanowi ponad 50% fosfolipidów pełniących istotną rolę w funkcjonowaniu błon komórkowych, m.in. komórek nerwowych, wpływających na ich przepuszczalność (Harasym i Banaś, 2024).

Cholina występująca w lecytynie jest prekursorem acetylocholine, transmitera występującego w pęcherzykach synaptycznych i przenoszącego pobudzenie między niektórymi neuronami w ośrodkowym układzie nerwowym. Acetylocholina pobudza komórki rdzenia nadnerczy do wydzielania amin katecholowych: dopaminy, noradrenaliny i adrenaliny. Aminy te stymulują centralny układ nerwowy, wpływając na zwiększenie wydolności psychofizycznej, poprawę pamięci, zdolności koncentracji, poprawę

refleksu i łagodzenie stanów depresyjnych. Jednak nadmierna i przewlekła sekrecja tych neuroprzekaźników może przyczynić się do wystąpienia objawów stresu (Leszczyńska i Pisulewski, 2004).

1.3. Źródła lecytyny w przemyśle i żywności

Jest to związek występujący naturalnie w różnych tkankach zwierząt i roślin, w tym w żółtkach jaj, soi i orzeszkach ziemnych. Znaczne jej ilości można znaleźć w oleju serwatkowym i kukurydzianym (Harasym i Banaś, 2024). Lecytyna ma szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym, gdzie pełni rolę emulgatora, stabilizatora, środka zwilżającego i przeciwutleniacza, powszechnie występującego w różnych produktach. Dodatkowo odgrywa znaczącą rolę w sektorze przemysłowym między innymi w farbách, kosmetykach, farmaceutykach i tekstyliach ze względu na swoje właściwości jako emulgator, środek zwilżający, dyspergujący i smarny (Harasym i Banaś, 2024).

Główne źródła występowania lecytyny: jajka, sery, wieprzowina, mleko, wątróbka z kurczaka. W przypadku źródeł roślinnych można wymienić: orzechy, brukselka, soja, oleje roślinne, brokuły (O'Brien i Corrigan, 1998).

1.4. Znaczenie lecytyny w biodostępności i reakcjach immunologicznych

Lecytyna, znana głównie ze swoich właściwości emulgujących i wspierających funkcjonowanie błon komórkowych, wykazuje również szereg istotnych interakcji biologicznych, które mogą wpływać na skuteczność leków oraz wchłanianie składników

odżywczych. Jej obecność w organizmie może modyfikować procesy farmakokinetyczne, zwiększając biodostępność niektórych suplementów diety oraz leków rozpuszczalnych w tłuszczach. Lecytyna zwiększa adhezję płytek krwi, co może zmniejszać skuteczność leków rozrzedzających krew takich jak heparyna, warfaryna, aspiryna i kłopidogrel (Maneesh i in., 2005). Dodatek lecytyny może zwiększać wchłanianie niektórych suplementów diety. Może ona pomóc w transporcie rozpuszczalnych w tłuszczach leków i składników odżywczych przez błony komórkowe. Na przykład suplementy takie jak kurkumina, zielona herbata i ekstrakt z pestek winogron wykazują zwiększone wchłanianie, gdy są podawane z lecytiną (Kidd i in., 2009).

Lecytyna zawiera białka wiążące immunoglobulinę E. Gdy białka połączą się z przeciwciałami układu odpornościowego, przeciwciała wywołują reakcję alergiczną, która może powodować stan zapalny i dyskomfort. Lecytyna sojowa stanowi niskie ryzyko dla osób z niewielką wrażliwością na soję (Andrioli i in., 1999).

1.5. Lecytyna w mleku ludzkim

Lecytyna jest mieszaniną, której główny składnik stanowią fosfolipidy, m.in. fosfatydylocholina, będące naturalnymi składnikami mleka ludzkiego. Przyjmuje się, że mechanizm działania lecytyny w obrębie gruczołu mlekowego, polega na obniżeniu lepkości mleka, przez zwiększenie ilości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, przyczyniając się tym samym do zapobiegania blokowania się przewodów mlecznych. W przypadku wystąpienia czopu tłuszczowo-komórkowego uważa się, że lecytyna może oddziaływać na frakcję tłuszczową tego czopu, emulgując go.

Zaobserwowano dodatnią korelację między zwiększoną gęstością mleka kobiecego, a zatkaniem przewodów mlecznych (Chen i Chen, 2021).

Istotne znaczenie może również odgrywać pochodzenie lecytyny, gdyż lecytyna rzepakowa zawiera większą ilość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (88%), w stosunku do lecytyny sojowej (74%) oraz niższą zawartość kwasów nasyconych (rzepakowa - 12%, sojowa - 26%) (Onaolapo i in., 2024). Lecytyna rzepakowa zawiera średnio więcej fosfatydylocholiny (38,5%) niż lecytyna sojowa i słonecznikowa (odpowiednio: 25,5%, 28,2%). Lecytyna rzepakowa, ze względu na korzystny skład kwasów tłuszczowych, wydaje się być korzystniejszym wyborem w stosunku do innych lecytin. Ponadto nowym rodzajem lecytyny jest jej odolejona forma. Odolejona lecytyna w proszku może zawierać nawet o ok. 54% więcej fosfolipidów w porównaniu z lecytiną płynną oraz średnio o ok. 96% mniej pozostałych lipidów obojętnych (trójglicerydów, wosków, terpenów, estrów, steroli), które mogłyby ulegać procesom oksydacyjnym (Nehring-Gugulska i in., 2023; Fedap i in. 2016; Deng, 2021; Chen i Chen, 2021)

1.6 Wykorzystanie emulgatorów na bazie soi w zastosowaniu spożywczym

Środkiem emulgującym można nazwać cząsteczkę powierzchniowo czynną, która adsorbuje się na granicy faz olej-woda i chroni krople przed koalescencją. W przypadku klasyfikacji emulgatory dzielą się na te o niskiej masie cząsteczkowej (np. lecytyna sojowa) oraz o wysokiej masie cząsteczkowej (np. białko sojowe, polisacharydy), przy czym te pierwsze skuteczniej zmniejszają

napięcie powierzchniowe. Emulgatory o wysokiej masie cząsteczkowej tworzą bardziej stabilny, lekko sprężysty film wokół kropelek, co sprzyja stabilizacji emulsji (Deng, 2021).

Do zbadania stabilności emulsji służy między innymi wskaźnik stabilności emulsji (ESI) ustalony przez Pearce'a i Kinsellę (Pearce i Kinsella, 1978) jest szeroko stosowaną i najprostszą metodą opartą na analizie zmętnienia rozcieńczonej emulsji przy określonej długości fali. Zjawiska, które wpływają na stabilność emulsji obejmują głównie koalescencję, flokulację, kremowanie, sedymentację, dojrzewanie Ostwalda i inwersję faz (Deng, 2021).

Soja, będąca głównym źródłem białka i oleju roślinnego, dostarcza także naturalnych emulgatorów, takich jak białko sojowe, lecytyna sojowa i polisacharydy. Funkcjonalność tych emulgatorów może różnić się w zależności od metody ich ekstrakcji i przetwarzania (McClements i Gumus, 2016).

Wzrost zainteresowania dietami roślinnymi zwiększa zapotrzebowanie na wysokiej jakości białka roślinne, przy czym soja dominuje dzięki niskim kosztom i wysokiej wartości odżywczej. Przetwarzanie soi w produkty takie jak mąka, koncentrat czy izolat białka wpływa na strawność i jakość białka, co może zarówno poprawiać, jak i pogarszać dostępność aminokwasów w zależności od użytych metod. Obróbka technologiczna, np. ekstruzja czy fermentacja, może zmieniać strukturę białka i jego przyswajalność poprzez inaktywację czynników antyżywniowych lub niekorzystne agregowanie białek (Van den Berg i in. 2019).

1.7 Białka sojowe

Białka sojowe są uważane za skuteczne materiały wyjściowe do produkcji funkcjonalnych emulgatorów o zmodyfikowanych właściwościach fizykochemicznych przy użyciu różnych metod. Aby poprawić funkcjonalność białek sojowych, stosuje się właśnie modyfikacje enzymatyczne, fizyczne, chemiczne i biologiczne.

W przypadku białek sojowych możemy podzielić ich skład na dwie frakcje: około 40% stanowi globulina 7S (β -konglicynina), a 30% globulina 11S (glicynina). Wykazano, że globulina 7S charakteryzuje się lepszymi właściwościami emulgującymi niż 11S, co wynika z bardziej stabilnej formy oligomerycznej globuliny 11S (Xu i in., 2011). Z kolei glicynina, ze względu na niską powierzchnię hydrofobowość, duży rozmiar cząsteczkowy oraz niską elastyczność molekularną, adsorbuje się powoli na granicy faz powietrze–woda. Jednak w badaniach wykazują się, że kwaśne podjednostki glicyniny adsorbują się szybciej niż nieprzetworzona jej forma (McClements i Gumus, 2016).

W produktach spożywczych, takich jak kielbasy, lody, jogurt czy zabielać do kawy, białka sojowe pełnią funkcję wielko-cząsteczkowych środków powierzchniowo czynnych, stabilizujących emulsje typu olej-w-wodzie. Głównymi czynnikami wpływającymi na aktywność emulgującą są hydrofobowość i rozpuszczalność powierzchniowa, lecz elastyczność molekularna białek jest kluczowa dla stabilności emulsji (Xu i in., 2011).

Rozpuszczalność białek sojowych w matrycach spożywczych jest jednak ograniczona ze względu na ich punkt izoelektryczny, wynoszący około 5,0. Dodatkowo, kulista struktura tych

białek utrudnia ekspozycję reszt hydrofobowych i opóźnia zmiany konformacyjne podczas adsorpcji na granicy faz, co ogranicza ich zdolność do skutecznego zmniejszania napięcia międzyfazowego (Van den Berg i in. 2019).

W regeneracji i adaptacji mięśni po wysiłku fizycznym spożycie białka, w tym białka sojowego, odgrywa kluczową rolę poprzez aktywację szlaku mTORC1, a także może wspierać układ antyoksydacyjny dzięki zawartości izoflawonów. Białko sojowe, choć mniej zasobne w leucynę i aminokwasy siarkowe niż białka zwierzęce, wykazuje wysoką strawność i porównywalną skuteczność w budowie masy mięśniowej i siły w odpowiedzi na ćwiczenia oporowe (Zare i in., 2023).

Dane z badań potwierdzają, że suplementacja białka serwatkowego i sojowego wywołuje działanie przeciwzapalne poprzez zmniejszenie odpowiednio poziomu krążących IL-6 i TNF- α . Efekt ten może być wzmocniony przez izoflawony sojowe i może być bardziej widoczny u osób z sarkopenią (Prokopidis i in., 2023).

1.8. Polisacharydy sojowe

Polisacharyd rozpuszczalny w soi (SSPS), będący produktem ubocznym izolowania białek sojowych, wykazuje doskonale właściwości emulgujące dzięki obecności frakcji białkowej i stabilności w różnych warunkach środowiskowych, co czyni go przydatnym w produkcji napojów, majonezów i stabilnych emulsji, a nawet zwiększa biodostępność składników aktywnych, takich jak kurkumina (Tamang i in., 2021). Wpływ na właściwości SSPS mają warunki ekstrakcji, masa cząsteczkowa oraz modyfikacje

enzymatyczne, a ich połączenie z białkami roślinnymi lub kazeiną poprawia stabilność i funkcjonalność emulsji. Ponadto nierozpuszczalne polisacharydy sojowe (ISP) wykazują potencjał jako stabilizatory emulsji Pickeringa dzięki tworzeniu nanocząstek, które umożliwiają tworzenie wysoce stabilnych struktur żelowych odpornych na zmiany środowiskowe (McClements i Gumus, 2016).

1.9. Lecytyna sojowa

Lecytyna sojowa to naturalny emulgator zawierający głównie fosfolipidy, które dzięki swojej budowie amfifilowej skutecznie obniżają napięcie międzyfazowe i stabilizują emulsje. Fosfatydylocholina, fosfatydyloetanolamina i fosfatydyloinozytol umożliwiają tworzenie różnych struktur (np. liposomów), które mogą służyć jako nośniki substancji bioaktywnych (McClements i Gumus, 2016; Van den Berg i in. 2019)

Lecytyna wykazuje wysoką skuteczność w tworzeniu nanoemulsji oraz znacząco poprawia rozpuszczalność i biodostępność składników takich jak kurkumina. Dodatek lecytyny do emulsji stabilizowanych białkami poprawia stabilność fizyczną, zmniejsza utlenianie lipidów i zwiększa potencjał ochrony substancji aktywnych. Nowoczesne badania pokazują też zastosowanie lecytyny w tworzeniu zaawansowanych systemów dostarczania probiotyków oraz emulsji Pickeringa o wysokiej fazie wewnętrznej (Chen i Chen, 2021).

1.10 Wykorzystanie izoflawonów w soi u kobiet w okresie menopauzalnym

Aktywność biologiczna i korzyści płynące ze stosowania produktów sojowych w okresie menopauzy u kobiet, mogą wynikać z obecności izoflawonu w nasionach soi. Stwierdzono, że spożywanie izoflawonów lub produktów sojowych prowadzi do zmniejszonego ryzyka wystąpienia raka endometrium i pęcherza moczowego. W przypadku działań o charakterze terapeutycznym spożycie omawianej substancji wiąże się z łagodzeniem zespołów naczynioruchowych nawet po rozważeniu efektów placebo, zmniejszeniu utraty masy kostnej w kręgosłupie i łagodzeniu nadciśnienia. Mogą również łagodzić objawy depresji w czasie ciąży. Jednakże, izoflawony nie wykazały ostatecznych efektów w zakresie poprawy funkcji poznawczych i objawów moczowo-płciowych. Z powodu braku standaryzacji w projektach badawczych – składniki, dawki izoflawonów, czas trwania spożycia i wyniki badań, obecnie trudno jest wyciągnąć ogólne wnioski dotyczące wszystkich aspektów izoflawonów (Khaodhiar i in., 2008).

1.10.1 Zespoły naczynioruchowe VMS

Zespoły naczynioruchowe, takie jak uderzenia gorąca i nadmierne pocenie się, należą do najczęstszych dolegliwości po menopauzie. Objawy te często ustępują samoistnie, co utrudnia ocenę skuteczności leczenia.

Koncentrując się na kobietach w okresie okołomenopauzalnym i pomenopauzalnym leczonych lub nieleczonych mieszaniną izoflawonu sojowego (40 mg), inuliny (3 g), witaminy D3 (300 j.m.) i wapnia (500 mg), prospektywne badanie wieloośrodkowe

wykazało wpływ inuliny i izoflawonu sojowego na uderzenia gorąca i jakość życia (Cianci i in., 2015). Stwierdzono, że średnia liczba uderzeń gorąca zmniejszyła się bardziej u kobiet w grupie leczonej w porównaniu z kobietami w grupie nieleczonej. Wyniki badania ujawniły korzyści płynące ze stosowania połączenia inuliny i izoflawonu sojowego jako suplementu diety dla kobiet z objawami menopauzy (Carmignani i in., 2010).

1.10.2 Osteoporoza hormonalna

Po menopauzie obserwuje się stopniową utratę gęstości mineralnej kości, która może prowadzić do osteoporozy. Wysoka ekspresja receptora estrogenowego β (ER β) w tkance kostnej, szczególnie w kości beleczkowej (np. kręgosłupie), sugeruje potencjalną skuteczność izoflawonów w łagodzeniu utraty kości. Najważniejszymi wnioskami wysnutymi z prowadzonych badań jest to, że codzienna suplementacja 90–120 mg izoflawonów może zmniejszyć ogólnoustrojową utratę gęstości mineralnej kości, przy czym izoflawony w formie aglikonowej mają lepszą biodostępność i skuteczność. Warto wspomnieć, że przebudowa kości trwa kilka miesięcy, więc konieczne jest przeprowadzenie badań długoterminowych (Lambert i in., 2017; Croden i in., 2015).

1.10.3 Zespół metaboliczny i choroby układu krążenia

Po menopauzie kobiety są bardziej narażone na otyłość i zaburzenia metaboliczne, co zwiększa ryzyko chorób sercowo-naczyniowych. Izoflawony mogą poprawiać kontrolę glikemii i wspomagać redukcję masy ciała, ale dostępne badania są ograniczone i często obarczone problemami metodologicznymi.

Biorąc pod uwagę aspekt żywieniowy, soja zawiera minimalną ilość tłuszczów nasyconych i cholesterolu, w porównaniu z białkami zwierzęcymi, dzięki czemu jest korzystniejszą alternatywą, by zaspokoić dzienne zapotrzebowanie na składniki odżywcze (Chen i Chen, 2021).

W przypadku niedoboru estrogenów po menopauzie zwiększa się ryzyko wystąpienia chorób sercowo-naczyniowych poprzez wzrost poziomu cholesterolu i pogorszenie funkcji śródbłonka. Izoflawony mogą działać jako substytuty estrogenu i poprawiać elastyczność naczyń, choć nie zawsze wpływają na profil lipidowy (Chen i Chen, 2021; Croden i in., 2015).

Mimo obiecujących wyników, aktualny stan wiedzy oparty jest na badaniach o zróżnicowanej jakości metodologicznej, co ogranicza możliwość jednoznacznej oceny skuteczności tych związków. Z tego względu konieczne są dalsze, dobrze zaprojektowane badania kliniczne, aby w pełni potwierdzić ich rolę w prewencji zaburzeń metabolicznych i chorób układu sercowo-naczyniowego u kobiet w okresie postmenopauzalnym.

2. Podsumowanie

Lecytyna i produkty pochodzenia sojowego stanowią istotny przedmiot zainteresowania zarówno w kontekście nauk żywieniowych, jak i technologii żywności. Ich wszechstronne właściwości funkcjonalne i biologiczne sprawiają, że są one szeroko wykorzystywane w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym oraz dietetyce. Analiza zawarta w pracy wykazała, że lecytyna pełni ważną rolę jako naturalny emulgator, stabilizator oraz nośnik

substancji aktywnych, zwiększając ich biodostępność i skuteczność działania.

Produkty sojowe, w tym białka, izoflawony i polisacharydy, posiadają szerokie spektrum zastosowań – od wspierania zdrowia hormonalnego kobiet, przez poprawę funkcji układu odpornościowego, aż po możliwość wykorzystania ich jako składników żywności funkcjonalnej i suplementów diety. Zwrócono również uwagę na istniejące kontrowersje dotyczące ich konsumpcji, w tym kwestie związane z obecnością fitoestrogenów i potencjalnych reakcji alergicznych.

Podsumowując, komponenty sojowe i lecytyna mają ogromny potencjał w tworzeniu nowoczesnych produktów prozdrowotnych. Ich dalsze badania oraz odpowiedzialne zastosowanie mogą przyczynić się do poprawy jakości życia oraz rozwoju innowacyjnych rozwiązań technologicznych w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym.

3. Literatura

Amouni, M. M., de Carvalho Pincinato, E., & Mazzola, P. G. (2009, December 28). Influence of soy lecithin administration on hypercholesterolemia.

Andrioli, G., Carletto, A., Guarini, P., Galvani, S., Biasi, D., Bellavite, P., & Corrocher, R. (1999). Differential effects of dietary supplementation with fish oil or soy lecithin on human platelet adhesion. *Thrombosis and Haemostasis*, 82(5), 1522–1527

Carmignani, L. O., Pedro, A. O., Costa-Paiva, L. H., & Pinto-Neto, A. M. (2010). The effect of dietary soy supplementation compared to estrogen and placebo on menopausal symptoms: A randomized controlled trial. *Maturitas*, 67(3), 262–269.

Chen, L.-R., & Chen, K.-H. (2021). Utilization of isoflavones in soybeans for women with menopausal syndrome: An overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(6), 3212.

Cianci, A., Colacurci, N., Paoletti, A. M., Perino, A., Cicinelli, E., Maffei, S., Di Martino, M., Daguati, R., Stomati, M., Pilloni, M., et al. (2015). Soy isoflavones, inulin, calcium, and vitamin D3 in postmenopausal hot flashes: An observational study. *Clinical and Experimental Obstetrics & Gynecology*, 42(6), 743–745.

Croden, J., Ross, S., Yuksel, N., & Sydora, B. C. (2015). A survey of the availability in Canadian pharmacy chains of over-the-counter natural health products for menopause symptoms. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 15, 86.

Deng, L. (2021). Current progress in the utilization of soy-based emulsifiers in food applications—A review. *Foods*, 10(6), 1354.

Harasym, J., & Banaś, K. (2024). Lecithin's roles in oleogelation. *Gels (Basel, Switzerland)*, 10(3), 169.

Kidd, P. M. (2009). Bioavailability and activity of phytosome complexes from botanical polyphenols: The silymarin, curcumin, green tea, and grape seed extracts. *Alternative Medicine Review: A Journal of Clinical Therapeutic*, 14(3), 226–246.

Khaodhiar, L., Ricciotti, H. A., Li, L., Pan, W., Schickel, M., Zhou, J., & Blackburn, G. L. (2008). Daidzein-rich isoflavone aglycones are potentially effective in reducing hot flashes in menopausal women. *Menopause*, 15(1), 125–132.

Lambert, M. N. T., Thorup, A. C., Hansen, E. S. S., & Jeppesen, P. B. (2017). Combined red clover isoflavones and probiotics potentially reduce menopausal vasomotor symptoms. *PLoS ONE*, 12(5), e0176590

Lamireau, T., Bouchard, G., Yousef, I., et al. (2007). Dietary lecithin protects against cholestatic liver disease in cholic acid-fed *Abcb4*⁻ deficient mice. *Pediatric Research*, 61, 185–190.

Leszczyńska T., Pisulewski P.M.: *Wpływ wybranych składników ywności na aktywno psychofizyczny człowieka*. 2004, 1 (38), 12 – 24

Maneesh, M., Jayalekshmi, H., Dutta, S., Chakrabarti, A., & Vasudevan, D. M. (2005). Effect of exogenous lecithin on ethanol-induced testicular injuries in Wistar rats. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 49(3), 311–315.

McClements, D. J., & Gumus, C. E. (2016). Natural emulsifiers—Biosurfactants, phospholipids, biopolymers, and colloidal particles: Molecular and physicochemical basis of functional performance. *Advances in Colloid and Interface Science*, 234, 3–26.

O'Brien, B. C., & Corrigan, S. M. (1988). Influence of dietary soybean and egg lecithins on lipid responses in cholesterol-fed guinea pigs. *Lipids*, 23(3), 218–224.

Onaolapo, M. C., Alabi, O. D., Akano, O. P., et al. (2024). Lecithin and cardiovascular health: A comprehensive review. *The Egyptian Heart Journal*, 76(1), 92.

Pearce, K. N., & Kinsella, J. E. (1978). Emulsifying properties of proteins: Evaluation of a turbidimetric technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26(3), 716–723.

Prokopidis, K., Mazidi, M., Sankaranarayanan, R., Tajik, B., McArdle, A., & Isanejad, M. (2023). Effects of whey and soy protein supplementation on inflammatory cytokines in older adults: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Nutrition*, 129(5), 759–770

St. Germain, A., Peterson, C. T., Robinson, J. G., & Alekel, D. L. (2001). Isoflavone-rich or isoflavone-poor soy protein does not reduce menopausal symptoms during 24 weeks of treatment. *Meno-pause*, 8(1), 17–26.

Tamang, N., Shrestha, P., Khadka, B., Mondal, M. H., Saha, B., & Bhattarai, A. (2021). A review of biopolymers' utility as emulsion stabilizers. *Polymers*, 14(1), 127.

Van den Berg, L. A., Mes, J. J., Mensink, M., & Wanders, A. J. (2022). Protein quality of soy and the effect of processing: A quantitative review. *Frontiers in Nutrition*, 9, 907313.

Van der Schouw, Y. T., Kreijkamp-Kaspers, S., Peeters, P. H. M., Keinan-Boker, L., Rimm, E. B., & Grobbee, D. E. (2005). Prospective study on usual dietary phytoestrogen intake and cardiovascular disease risk in Western women. *Circulation*, 111(4), 465–471

Zare, R., Devrim-Lanpir, A., Guazzotti, S., Ali Redha, A., Prokopidis, K., Spadaccini, D., Cannataro, R., Cione, E., Henselmans, M., & Aragon, A. A. (2023). Effect of soy protein supplementation on muscle adaptations, metabolic and antioxidant status, hormonal response, and exercise performance of active individuals and athletes: A systematic review of randomised controlled trials. *Sports Medicine*, 53(12), 2417–2446

Zeisel, S. H., & da Costa, K. A. (2009). Choline: An essential nutrient for public health. *Nutrition Reviews*, 67(11), 615–623.

Xu, Q., Nakajima, M., Liu, Z., & Shiina, T. (2011). Soybean-based surfactants and their applications. In *Soybean—Applications and Technology* (pp. 341–364). IntechOpen.

Pęcherzyki zewnątrzkomórkowe w interakcjach pasożyt-żywiciel: prze- gląd ostatnich badań w ujęciu proteo- micznym

Extracellular Vesicles in Parasite–Host Interac- tions: A Review of Recent Proteomic Studies

Magdalena Stawicka^{1,2}

¹Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Biologii i Bio-
technologii

²Studenckie Koło Naukowe Biochemii i Biologii Molekularnej w Para-
zytologii „Paradise”

Streszczenie

Pęcherzyki zewnątrzkomórkowe (EVs) wydzielane przez pasożyty, takie jak nicienie, przywry i tasiemce, stanowią kluczowy element w interakcjach pasożyt–żywiciel. Uczestniczą one w modulacji odpowiedzi immunologicznej gospodarza, transporcie cząsteczek oraz adaptacji pasożytów do środowiska wewnątrz organizmu. Analizy proteomiczne wykazały zróżnicowany skład białkowy EVs, zależny od gatunku pasożyta, jego stadium rozwojowego oraz warunków środowiskowych. Wśród zidentyfikowanych białek dominują enzymy proteolityczne, białka strukturalne, transportowe i immunomodulacyjne, które odgrywają istotną rolę w utrzymaniu infekcji i umożliwiają długotrwałe przeżycie pasożyta w organizmie gospodarza.

Badania nad EVs dostarczają cennych informacji na temat mechanizmów przetrwania pasożytów oraz wskazują potencjalne zastosowania diagnostyczne i terapeutyczne, w tym możliwość wykorzystania białek EVs jako antygenów szczepionkowych. Pomimo rosnącej liczby badań, nadal brakuje pełnego zrozumienia mechanizmów działania EVs i specyficznych markerów umożliwiających ich identyfikację. Dalsze analizy z użyciem nowoczesnych technologii omicznych mogą przyczynić się do opracowania nowych strategii zwalczania pasożytów oraz pogłębienia wiedzy o ich biologii.

Słowa kluczowe: pęcherzyki zewnątrzkomórkowe, pasożyty, interakcje pasożyt–żywiciel, proteomika, immunomodulacja, diagnostyka chorób pasożytniczych

Abstract

Extracellular vesicles (EVs) secreted by parasites such as nematodes, trematodes, and cestodes play a crucial role in parasite–host interactions. They participate in modulating the host immune response, transporting biomolecules, and enabling parasites to adapt to the internal environment of the host organism. Proteomic analyses have revealed that the protein composition of EVs varies depending on the parasite species, developmental stage, and environmental conditions. Among the identified proteins, proteolytic enzymes, structural, transport, and immunomodulatory proteins predominate, all of which play an important role in maintaining infection and ensuring the long-term survival of the parasite within the host.

Research on EVs provides valuable insights into parasite survival mechanisms and indicates potential diagnostic and therapeutic applications, including the possible use of EV proteins as vaccine antigens. Despite the growing body of research, the mechanisms of EV action and the identification of specific markers remain incompletely understood. Further analyses using advanced omics technologies may contribute to the development of novel antiparasitic strategies and a deeper understanding of parasite biology.

Keywords: extracellular vesicles, parasites, parasite–host interactions, proteomics, immunomodulation, parasitic disease diagnostics

1. Wstęp

1.1 Znaczenie interakcji pasożyt-żywiciel

Pasożytnictwo jest jedną z najpowszechniejszych form interakcji między organizmami i odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu ekosystemów (Tarczyński, 1984; Poulin, 2011). Pasożyty, w odróżnieniu od innych symbiontów, czerpią korzyści z zasobów żywiciela, często kosztem jego zdrowia i kondycji fizjologicznej (Rózsa i Garay, 2023). W toku ewolucji wykształciły różnorodne strategie umożliwiające im skuteczne zasiedlanie organizmu gospodarza, unikanie jego mechanizmów obronnych oraz zapewnienie własnego rozprzestrzeniania się (Hewitson i in., 2009a; Schmid-Hempel, 2011).

Interakcja pasożyt-żywiciel charakteryzuje się wysokim stopniem specjalizacji i koewolucji – relacje te, a szczególnie zachodzące w nich zmiany mają charakter ewolucyjny (Tarczyński, 1984). Pasożyty mogą wywierać zarówno krótkoterminowy wpływ na swojego gospodarza, prowadząc do ostrej infekcji, jak i długoterminowe konsekwencje, skutkujące przewlekłymi zmianami fizjologicznymi i immunologicznymi (Anderson i May, 1979). Pasożyty mogą manipulować układem odpornościowym gospodarza, hamując reakcje obronne lub stymulując odpowiedzi immunologiczne w sposób sprzyjający ich przeżyciu (Hewitson i in., 2009b; Maizels i in., 2001).

Wpływ pasożytów na organizm gospodarza wykracza poza lokalne zmiany w obrębie zakażonych tkanek – liczne badania wskazują, że przewlekłe infekcje pasożytnicze mogą modulować całkowity profil immunologiczny organizmu, wpływając na ryzyko

rozwoju chorób autoimmunologicznych i alergicznych (Maizels i McSorley, 2016). Ponadto, pasożyty często oddziałują na mikrobiom żywiciela, co może prowadzić do zmian metabolicznych oraz szerokich konsekwencji zdrowotnych (Borges, 2017; Drew i in., 2021)

Zrozumienie mechanizmów adaptacyjnych pasożytów pozwala nie tylko na wyjaśnienie dynamiki ich transmisji i ewolucji, ale także na opracowanie skuteczniejszych metod kontroli i leczenia infekcji. Lepsze poznanie tych zależności może przyczynić się do opracowania nowych strategii terapeutycznych oraz lepszego zrozumienia długoterminowego wpływu pasożytów na organizm żywiciela.

1.2 Charakterystyka pęcherzyków zewnątrzkomórkowych

Pęcherzyki zewnątrzkomórkowe (EVs, z ang. *extracellular vesicles*) to struktury otoczone błoną lipidową, wydzielane przez komórki organizmów eukariotycznych do przestrzeni zewnątrzkomórkowej (Yáñez-Mó i in., 2015; Zaborowski i in., 2015). Ich główną funkcją jest transport biologicznie aktywnych cząsteczek, takich jak białka, lipidy i kwasy nukleinowe, co umożliwia komunikację międzykomórkową oraz regulację wielu procesów fizjologicznych i patologicznych (Dang i in., 2017; Skotland i in., 2017). Ze względu na rozmiar, biogenezę oraz skład biochemiczny wyróżnia się trzy główne klasy pęcherzyków: egzosomy, mikropęcherzyki oraz ciała apoptyczne (Borges i in., 2013).

Egzosomy to najpowszechniejsze struktury zaliczane do EVs, o średnicy od 30 do 150 nm, powstające w wyniku wewnątrzkomórkowego dojrzewania endosomów (Rycina 1.) (Borges i in.,

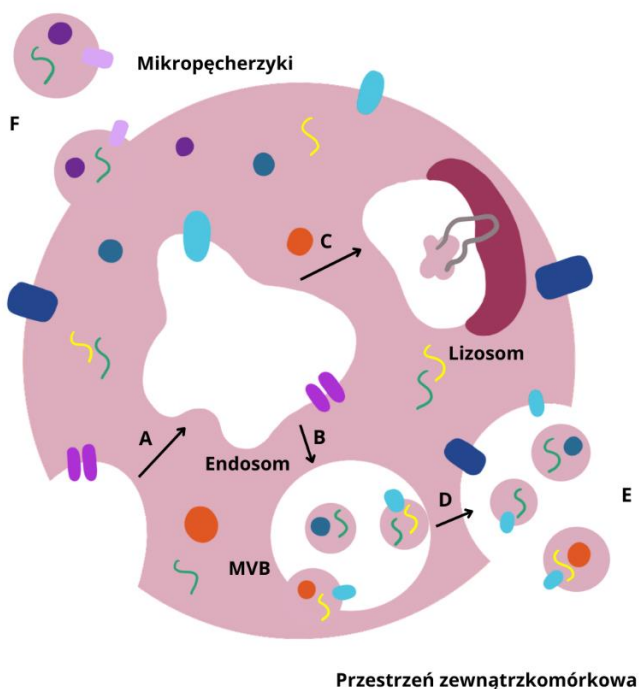
2013). Ich biogeneza obejmuje formowanie endosomów wczesnych, które następnie przekształcają się w ciała wielopęcherzykowe (MVB, z ang. *multivesicular bodies*). MVB mogą przejść na szlak degradacji w lizosomach lub ulegać fuzji z błoną komórkową, co prowadzi do uwolnienia egzosomów do otoczenia (Bebelman i in., 2018; Zaborowski i in., 2015). Egzosomy zawierają wiele cząsteczek biologicznie czynnych, w tym białka, RNA i lipidy, które mogą wpływać na funkcjonowanie sąsiednich lub odległych komórek (Dang i in., 2017). Wykazano, że odgrywają istotną rolę w homeostazie organizmu, ale również mogą uczestniczyć w progresji wielu chorób, takich jak nowotwory, choroby neurodegeneracyjne oraz infekcje wirusowe (Rajendran i in., 2006). Dzięki zdolności do przenoszenia biomolekuł egzosomy stanowią obiecujące narzędzie diagnostyczne i terapeutyczne, a ich potencjalne zastosowania obejmują biomarkery chorobowe, systemy dostarczania leków oraz szczepionki (Bobrie i in., 2011; Sonoda i in., 2009).

Mikropęcherzyki (MVs, z ang. *microvesicles*) są zazwyczaj większe niż egzosomy i mają średnicę od 100 do 1000 nm. Powstają na skutek tzw. pączkowania na zewnątrz błony komórkowej, co prowadzi do ich oderwania i uwolnienia do otoczenia. Ich formowanie jest regulowane przez cytoszkielet komórkowy, a w szczególności przez białka - aktyny i mikrotubule (Cai i in., 2007). Mikropęcherzyki zawierają różnorodne cząsteczki, w tym białka błonowe, białka cytoszkieletu oraz białka szoku cieplnego (HSP, z ang. *heat shock protein*), co wskazuje na ich potencjalną rolę w odpowiedzi komórkowej na stres i adaptacji do zmieniających się warunków środowiska (Heijnen i in., 1999).

Ciała apoptyczne są największymi z pęcherzyków zewnątrzkomórkowych, o średnicy od 50 nm do 5000 nm. Powstają

w wyniku apoptozy – zaprogramowanej śmierci komórki – i zawierają fragmenty organelli, chromatynę oraz inne składniki cytoplazmatyczne (Théry i in., 2001). W przeciwieństwie do egzosomów i mikropecherzyków, ich główną funkcją nie jest komunikacja międzykomórkowa, lecz eliminacja obumarłych komórek oraz regulacja odpowiedzi immunologicznej (Borges i in., 2013). Ich skład biochemiczny może różnić się w zależności od typu komórki, z której pochodzą, oraz warunków indukujących apoptozę. Ciałka apoptyczne mogą być fagocytowane przez makrofagi lub inne komórki układu odpornościowego, co zapobiega uwalnianiu toksycznych substancji do otoczenia i minimalizuje ryzyko stanu zapalnego (Théry i in., 2001).

Pęcherzyki zewnątrzkomórkowe odgrywają kluczową rolę w interakcjach między pasożytem a żywicielem. Pasożyty wykorzystują EVs jako narzędzia modulujące odpowiedź immunologiczną gospodarza, wpływając m.in. na szlaki zapalne, ekspresję genów i procesy sygnalizacji komórkowej. Skład molekularny tych pęcherzyków – zawierający m.in. białka, lipidy oraz RNA – odzwierciedla ich zdolność do precyzyjnego oddziaływania na komórki gospodarza. Coraz więcej badań wskazuje, że EVs mogą być kluczowym mechanizmem manipulacji w infekcjach pasożytniczych, umożliwiając pasożytom długotrwale przetrwanie, unikanie układu odpornościowego i kształtowanie środowiska sprzyjającego ich rozwojowi (Gámez-Valero i in., 2016; Gheinani i in., 2018).



Rycina 1. Biogeneza i uwalnianie pęcherzyków zewnątrzkomórkowych do przestrzeni zewnątrzkomórkowej (na podstawie Coakley i in., 2016)

(A) Endocytoza w komórce, podczas której powstaje endosom otoczony cząsteczkami bioaktywnymi, np. kwasami nukleinowymi, lipidami czy białkami). (B) W miarę dojrzewania endosomy dochodzi do wpuklania jego błony, co prowadzi do powstania pęcherzyków wewnątrz endosomy – powstaje MVB. (C) Niektóre dojrzałe MVBs ulegają fuzji z lizosomami zawierającymi enzymy hydrolytyczne, co prowadzi do degradacji zawartych w nich cząsteczek. (D) MVBs łączą się bezpośrednio z błoną komórkową, uwalniając zawarte w nich pęcherzyki do przestrzeni zewnątrzkomórkowej – od tego momentu są one nazywane egzosomami. (E) Egzosomy zostają uwolnione do środowiska zewnątrzkomórkowego,

gdzie mogą pełnić różne funkcje biologiczne. (F) Oprócz egzosomów, inne rodzaje pęcherzyków – tzw. mikropęcherzyki – powstają poprzez bezpośrednie pączkowanie błony komórkowej i również trafiają do przestrzeni zewnątrzkomórkowej.

1.3 Proteomika w badaniach nad interakcjami pasożyt-żywiciel

Proteomika odgrywa kluczową rolę w badaniach nad interakcjami pasożyt-żywiciel, umożliwiając identyfikację białek zaangażowanych w te procesy oraz dostarczając wglądu w mechanizmy molekularne leżące u podstaw patogenezy pasożytów i odpowiedzi immunologicznych żywiciela (Zhou i in., 2019). Analiza białkowego składu pęcherzyków zewnątrzkomórkowych oraz produktów wydaliniczo-wydzielniczych (ESPs, z ang. *excretory-secretory products*) pozwala na identyfikację kluczowych białek, które uczestniczą w komunikacji między pasożytem a żywicielem, modulując odpowiedź immunologiczną oraz ułatwiając inwazję i odżywianie pasożyta (Hewitson i in., 2009a; Shi i in., 2022).

Jednym z głównych obszarów badań proteomicznych jest identyfikacja białek wydzielanych przez pasożyty oraz białek transportowanych wewnątrz EVs. Badania nad pęcherzykami zewnątrzkomórkowymi różnych pasożytów, takich jak *Echinococcus granulosus*, *Fasciola hepatica*, *Ascaris suum* czy *Schistosoma mansoni*, ujawniają białka związane z ich patogenezą i interakcjami z żywicielem (Hansen i in., 2019; Nicolao i in., 2023; Samoil i in., 2018; Sánchez-López i in., 2023). Proteomika pozwala również na identyfikację białek metabolicznych i enzymów trawiennych pasożytów, które są niezbędne do ich przetrwania i odżywiania (Li i in., 2023).

Badania proteomiczne umożliwiają identyfikację białek, które mogą stanowić cele dla leków przeciwpasożytniczych lub kandydatów na szczepionki. Odgrywają także istotną rolę w badaniu mechanizmów modulacji odpowiedzi immunologicznej przez pasożyty. Wiele pasożytów wydziela białka, które mogą tłumić lub zmieniać aktywność komórek immunologicznych gospodarza (Tzelos i in., 2016).

Integracja proteomiki z innymi technikami "omicznymi", takimi jak transkryptomika czy metabolomika, pozwala na uzyskanie bardziej kompleksowego obrazu interakcji pasożyt-żywiciel. Dzięki takim podejściom możliwe jest zidentyfikowanie zmian w ekspresji genów i białek, co przyczynia się do głębszego zrozumienia mechanizmów regulujących te interakcje. Dalszy rozwój metod proteomicznych oraz integracja z innymi technologiami omicznymi będą kluczowe dla pogłębiania wiedzy w tej dziedzinie.

1.4 Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest przegląd literatury i analiza roli pęcherzyków zewnątrzkomórkowych w interakcjach pasożyt-żywiciel, ze szczególnym uwzględnieniem badań proteomicznych. Praca koncentruje się na potencjalnej funkcji pęcherzyków w modulacji odpowiedzi immunologicznej gospodarza. Przedstawione zostaną najnowsze badania dotyczące proteomu pęcherzyków zewnątrzkomórkowych pasożytów oraz znaczenia zidentyfikowanych białek w patogenezie infekcji.

2. Skład proteomiczny pęcherzyków zewnątrzkomórkowych

2.1 Pęcherzyki zewnątrzkomórkowe nicieni

Pęcherzyki zewnątrzkomórkowe wydzielane przez nicienie stanowią istotny element ich strategii adaptacyjnych, umożliwiając skuteczną komunikację z żywicielem oraz modulację jego odpowiedzi immunologicznej (Li i in., 2023; Ricciardi i in., 2021). Analizy proteomiczne ujawniają, że EVs tych pasożytów zawierają szerokie spektrum białek, które mogą odgrywać kluczową rolę w procesach takich jak inwazja tkanek, metabolizm czy unikanie mechanizmów obronnych gospodarza (Yang i in., 2015; Hansen i in., 2019). Co więcej, skład białkowy pęcherzyków zewnątrzkomórkowych różni się w zależności od gatunku, stadium rozwojowego oraz warunków środowiskowych, co sugeruje ich wyspecjalizowaną funkcję w cyklu życiowym pasożyta (Cheng i in., 2025). Badania nad proteomem pęcherzyków zewnątrzkomórkowych *Parascaris* spp., nicienia pasożytującego głównie u koni, wykazały znaczące różnice w składzie białkowym między samcami a samicami, przy czym u samic stwierdzono większą liczbę białek (Manikantan i in., 2024). Taki sam model zaobserwowano również w pęcherzykach *Brugia malayi*. Sugeruje się, że różnice te mogą wynikać z miejsca produkcji i uwalniania EVs, co związane jest z potrzebami rozrodczymi (Harischandra i in., 2018).

Podczas analizy EVs glisty świńskiej (*Ascaris suum*) zidentyfikowano liczne enzymy, takie jak proteazy, reduktazy, oksydazy czy peptydazy, które powszechnie opisywane są jako charakterystyczne dla EVs pasożytów (Hansen i in., 2019). Proteazy

odgrywają istotną rolę w procesach metabolicznych, ale także ułatwiają penetrację tkanek czy migrację w organizmie żywiciela. Dodatkowo, uczestniczą w modulowaniu odpowiedzi immunologicznej gospodarza poprzez rozkładanie receptorów na powierzchni komórek układu odpornościowego oraz degradację mucyn obecnych w jelitach (Hasnain i in., 2012; Nishikado i in., 2015; Yang i in., 2015). W badaniach Manikantana i in. (2024) opisano wysoką zawartość lektyn typu C w EVs *Parascaris* spp., które odpowiedzialne są między innymi za wiązanie z ligandami gospodarza, a dodatkowo wykazują właściwości antybakteryjne (Loukas i in., 2000; Mallo i in., 2002; Manikantan i in., 2024). Białka te wykryto również w proteomie EVs *A. suum* (Hansen i in., 2019). Z kolei glikozydazy obecne w EVs *Parascaris* spp. podobnie do proteaz obecnych u *A. suum* również mają zdolność do degradacji mucyny jelitowej, wspomagając tym samym rozwój pasożyta i zapobiegając jego usunięciu z organizmu gospodarza (Hasnain i in., 2013). Zidentyfikowano również kilka białek zaangażowanych w biogenezę EVs – tetraspaniny, aneksyny, GTPazy-Rab czy profiliny. Tetraspaniny, czyli białka występujące na powierzchni błony EVs, bardzo rzadko opisywane są u nicieni – zdecydowanie częściej występują one u przywr (Eichenberger i in., 2018b; Hansen i in., 2019).

Pęcherzyki zewnątrzkomórkowe pasożytów zawierają unikatowy dla nich ładunek białkowy, co może świadczyć o istotnej roli EVs w procesach związanych z patogenezą i przetrwaniem w organizmie żywiciela. W badaniach nad *Teladorsagia circumcincta* 70% zidentyfikowanych białek EVs było potencjalnie unikatowych, o czym świadczył brak tych białek w ESPs pozbawionych EVs. Stwierdzono również, że niektóre białka wykazują właściwości immunogenne – produkty te związane były

z immunoglobulinami IgG oraz IgA, obecnymi w serum zainfekowanej pasożytem owcy. W proteomie EVs *T. circumcincta* zidentyfikowano białka strukturalne, metaboliczne, jądrowe, ASPs (białka specyficzne dla nicieni z rodzaju tęgoryjców, z ang. *ancylostoma secreted proteins*), a także GTPazy-Rab i metylopeptydazy (Tzelos i in., 2016). Istotna może okazać się obfita obecność peroksyredoksyny – enzymu antyoksydacyjnego odpowiedzialnego za redukcję nadtlenu wodoru H_2O_2 , co wskazuje na potencjał antyoksydacyjny EVs ułatwiający przetrwanie pasożyta w organizmie żywiciela. Enzym ten jest również potencjalnym kandydatem na szczepionkę ze względu na jego właściwości immunomodulacyjne (Robinson i in., 2010a; Robinson i in., 2010b). Inne badania nad proteomem EVs *T. circumcincta* wykazały obecność peptydów przeciwdrobnoustrojowych (AMPs, z ang. *antimicrobial peptides*), co może świadczyć o potencjalnej relacji między pasożytami a mikrobiotą gospodarza (Rooney i in., 2022).

Wiele dowodów wskazuje również na to, że pęcherzyki zewnątrzkomórkowe pasożytów mogą wpływać na odpowiedź immunologiczną gospodarza. Badania nad EVs *Nippostrongylus brasiliensis* wykazały ich zdolność do aktywnej internalizacji przez komórki nabłonka jelitowego myszy. Analiza proteomiczna ujawniła obecność charakterystycznych dla egzosomów białek, takich jak enolaza czy białka szoku cieplnego. Stwierdzono, że EVs tego pasożyta istotnie hamują stan zapalny w modelu chemicznie indukowanego zapalenia jelita grubego, obniżając poziom cytokin prozapalnych (IL-6, IL-1 β , IFN γ , IL-17a) i zwiększając ekspresję przeciwwzapalnej IL-10 (Eichenberger i in., 2018a). Z kolei wydzielane przez *Brugia malayi* EVs wykazały zdolność do modulowania szlaku mTOR, kluczowego dla regulacji odpowiedzi immunologicznej.

Potwierdzono także internalizację EVs przez ludzkie komórki dendrytyczne i monocyty oraz ich zdolność do obniżania fosforylacji mTOR, na poziomie porównywalnym do działania rapamycyny – znanego inhibitora tego szlaku. Wyniki te wskazują, że EVs *B. malayi* mogą być istotnym narzędziem pasożyta w immunosupresji gospodarza, przyczyniając się do dysfunkcji komórek prezentujących antygen (Ricciardi i in., 2021).

Pęcherzyki zewnątrzkomórkowe wydzielane przez larwy włośnia krętego (*Trichinella spiralis*) wykazują obecność specyficznych markerów powierzchniowych, takich jak CD81, CD63, enolaza i białko 14-3-3. Analiza proteomiczna LC-MS/MS pozwoliła na identyfikację 53 białek, w tym potencjalnych antygenów, które mogą być wykorzystywane w diagnostyce włośnicy. Wśród nich wyodrębniono białko Ts-TTPA, które okazało się skuteczne w wykrywaniu przeciwciał w surowicy świń we wczesnym etapie infekcji, bez reakcji krzyżowych z innymi pasożytami (Li i in., 2023).

Tabela 1. Metody proteomiczne zastosowane w analizie EVs w kontekście interakcji pasożyt-żywiciel.

GATUNEK	METODA PROTEOMICZNA	ŹRÓDŁO
NICZENIE		
<i>Teladorsagia circumcincta</i>	LC-ESI-MS/MS	Tzelos i in., 2016
	1D-LC-MS/MS	Rooney i in., 2022
<i>Ascaris suum</i>	UPLC-nanoESI-MS/MS	Hansen i in., 2019
<i>Angiostrongylus cantonensis</i>	1D-LS-MS/MS	Cheng i in., 2025
<i>Brugia malayi</i>	UHPLC-MS/MS	Ricciardi i in., 2021
<i>Nippostrongylus brasiliensis</i>	LC-MS/MS	Eichenberger i in., 2018
<i>Parascaris spp.</i>	SDS-PAGE HPLC-ESI-MS/MS	Manikantan i in., 2024
<i>Trichinella spiralis</i>	SDS-PAGE LC-MS/MS	Li i in., 2023
<i>Anisakis pegreffii</i>	LC-MS/MS	Palomba i in., 2023
<i>Anisakis simplex</i>	SDS-PAGE LC-MS/MS	Kochanowski i in., 2022
	nLC-MS/MS	Stryński i in., 2025
	LC-MS/MS	Boysen i in., 2020
<i>Haemonchus contortus</i>	nano-LC-MS/MS	Wu i in., 2024
	LC-MS/MS	Wang i in., 2023
PRZYWRZY		
<i>Sparicotyle chrysophrii</i>	LC-MS/MS	Riera-Ferrer i in., 2024
<i>Opisthorchis viverrini</i>	LC-MS/MS	Chaiyadet i in., 2015
<i>Fasciola hepatica</i>	LC-MS/MS; TOF-MS	Marcilla i in., 2012
	nano-ESI-LC-MS/MS	Sánchez-López i in., 2024
	nano-ESI-LC-MS/MS	Cwiklinski i in., 2015
	LC-MS/MS	de la Torre-Escudero i in., 2019
	nano-LC-MS/MS	Trelis i in., 2022
	nano-LC-ESI-MS/MS	Murphy i in., 2020
	nano-ESI-LC-MS/MS	Sánchez-López i in., 2023

<i>Echinostoma caproni</i>	LC-MS/MS; TOF-MS	Marcilla i in., 2012
<i>Schistosoma mansoni</i>	SDS-PAGE LC-MS/MS	Sotillo i in., 2016
	LC-MS	Bekkens i in., 2020
	ESI-LC-MS/MS	Samoil i in., 2018
<i>Schistosoma japonicum</i>	SDS-PAGE LC-MS/MS	Zhu i in., 2016
<i>Schistosoma haematobium</i>	SDS-PAGE LC-MS/MS TOF-MS	Mekonnen i in., 2020
<i>Calicophoron daubneyi</i>	SDS-PAGE LC-MS/MS	Allen i in., 2021
<i>Paragonimus kellicotti</i>	LC-MS/MS	Di Maggio i in., 2023
TASIEMCE		
<i>Taenia pisiformis</i>	SDS-PAGE LC-MS/MS	Wang i in., 2020
	SDS-PAGE LC-MS/MS	Wang i in., 2023
<i>Taenia solium</i>	SDS-PAGE LC/Q-TOF	Rawat i in., 2024
<i>Echinococcus granulosus</i>	nano-HPLC-MS	Nicolao i in., 2019
	nano-HPLC-MS	Nicolao i in., 2023
	SDS-PAGE LC-MS/MS	Shi i in., 2022
	SDS-PAGE LC-MS/MS	Zhou i in., 2019

Z kolei analiza proteomu EVs nicienia pasożytniczego *Anisakis pegreffi* w jego stadium larwalnym L3 pozwoliła na identyfikację 153 białek specyficznych dla EVs związanych z metabolizmem pasożyta oraz jego zdolnością do przetrwania i wywoływania infekcji (Palomba i in., 2023). W badaniach nad sekretem *Anisakis simplex* (s.s.) zidentyfikowano 158 białek, z czego 15% określono jako potencjalnie związane z EVs (Kochanowski i in., 2020). Wykazywały one podobieństwo do białek wydzielanych przez inne nicienie. Sześć białek zidentyfikowanych przez Kochanowskiego i in. zostało opisanych również przez Boysena i in. (2020), który badał EVs *Anisakis* spp. Co istotne, najnowsze badania nad EVs *A. simplex* (s. s.) wykazały obecność aż 23 unikalnych białek, w tym takich o znaczeniu funkcjonalnym – Argonaute-1, RNA-zależna

polimeraza RNA, eukariotyczny czynnik inicjacji translacji eIF3 czy transpozaza. Co więcej, w ramach tych badań oceniono wpływ EVs *A. simplex* (s. s.) na ludzką linię komórkową Caco-2 wykazując, że pęcherzyki te indukują silniejszą odpowiedź proteomiczną niż całe larwy pasożyta. Zmiany te dotyczyły m.in. białek związanych z adhezją, przetwarzaniem białek w ER, metabolizmem i sygnalizacją immunologiczną. EVs *A. simplex* (s. s.) modulowały ekspresję interleukin w komórkach Caco-2, prowadząc m.in. do obniżenia poziomu IL-6 i IL-8 oraz zwiększenia IL-10, co sugeruje ich potencjalne działanie przeciwzapalne (Stryński i in., 2025).

Badania proteomiczne nad pęcherzykami zewnątrzkomórkowymi *Haemonchus contortus* wykazały istotne różnice w składzie białkowym między EVs a ESPs pozbawionymi tych struktur (Wu i in., 2024). Większość kluczowych białek ESPs, w tym proteazy, inhibitory proteaz i białka z rodziny Ras, dominuje w EVs, co sugeruje ich kluczową rolę w modulacji odpowiedzi immunologicznej gospodarza. Pomimo braku uniwersalnych markerów dla EVs nicieni, zidentyfikowano potencjalne biomarkery *H. contortus*, takie jak inhibitor proteazy serynowej typu TIL, aneksyna i GTPazy. Brak precyzyjnych standardów utrudnia jednoznaczne określenie proteomicznych cech EVs, a mechanizmy warunkujące obecność niektórych białek w EVs i ESPs pozostają niejasne (Wu i in., 2024). W innych badaniach nad *H. contortus* istotnym białkiem zidentyfikowanym w EVs tego pasożyta są tetraspaniny, będące swoistym markerem dla rozpoznawania pęcherzyków zewnątrzkomórkowych przywr (Wang i in., 2023).

2.2 Pęcherzyki zewnątrzkomórkowe przywr

W ostatnich latach przeprowadzono liczne analizy proteomiczne, które pozwoliły na identyfikację kluczowych białek związanych z biogenezą EVs u przywr oraz ich funkcjami biologicznymi. Badania te wskazują, że EVs przywr mogą uczestniczyć w modulowaniu odpowiedzi immunologicznej gospodarza, przenoszeniu czynników wirulencji oraz adaptacji pasożyta do zmieniających się warunków środowiskowych (Bennett i in., 2022; Marcilla i in., 2012; Sánchez-López i in., 2024).

Skład proteomiczny pęcherzyków zewnątrzkomórkowych pasożytów może istotnie się różnić ze względu na strategie życiowe gatunków. *Sparicotyle chrysophrii* to przywra krwio pijna, wywołująca hemolizę w naczyniach krwionośnych swojego żywiciela, umożliwiając jej tym samym pobieranie pokarmu (Riera-Ferrer i in., 2022). W proteomie EVs *S. chrysophrii* zidentyfikowano 8 peptydaz, które mogą odgrywać kluczową rolę w strategiach żywieniowych tego pasożyta. W EVs obecna była również transferaza S-glutathionu, której rola polega na uczestniczeniu w procesach katabolizmu hemu w przypadku, gdy ze względu na jego duże stężenie może wykazywać działanie toksyczne. Istotna dla strategii żywieniowej *S. chrysophrii* jest również obecna w EVs ferrytyna magazynująca nadmiar żelaza (Riera-Ferrer i in., 2024). Skład EVs przywr jest specyficzny dla gatunku nie tylko ze względu na pobierany pokarm, ale może również dostosowywać się do miejsca bytowania pasożyta w organizmie żywiciela. Analiza proteomiczna EVs *Opisthorchis viverrini* pozwoliła na zidentyfikowanie 108 białek, z czego tylko 13 zostało wcześniej wykrytych w analizie ESPs tej przywry. *O. viverrini* po dostaniu się do organizmu ssaka, czyli swojego żywiciela ostatecznego (kota, psa czy człowieka), migruje do dróg żółciowych, gdzie osiąga dojrzałość. Wykazano, że EVs tej

przywry indukują produkcję IL-6 w ludzkich cholangiocytach wyścielających drogi żółciowe. Długotrwale, utrzymujące się wysokie stężenie IL-6 może prowadzić do rozwoju raka dróg żółciowych (Chaiyadet i in., 2015). Inne badania tego zespołu wykazały zdolność EVs *O. viverrini* do stymulowania proliferacji cholangiocytów, co również prowadzi do powstania środowiska sprzyjającego nowotworzeniu (Chaiyadet i in., 2023).

W ostatnim czasie opublikowano liczne prace na temat EVs u motylicy wątrobowej (*Fasciola hepatica*). Sánchez-López i in. w swoich badaniach zidentyfikowali 181 białek w EVs *F. hepatica*. Autorzy stwierdzili występowanie tioredoksyny, mogącej brać udział w reakcjach antyoksydacyjnych ułatwiających przeżycie pasożyta, a także powszechnych w EVs pasożytów białek Rab oraz białek szoku cieplnego (Sánchez-López i in., 2023). Prace innych badaczy również podkreślają obfitą obecność tioredoksyny, HSP-70, enolaz a także aneksyn czy heksokinaz u *F. hepatica* (Bernal i in., 2004; González-Miguel i in., 2019; Murphy i in., 2020). Ponadto, 183 białka obecne na powierzchni pęcherzyków były wspólne dla EVs innych pasożytów. Inna analiza proteomiczna EVs *F. hepatica* zidentyfikowała 159 białek, w tym białka strukturalne, enzymy metaboliczne i kluczowe białka zwykle związane z sekretomem postaci dorosłej, takie jak peptydazy, inhibitory peptydaz i białka antyoksydacyjne (Murphy i in., 2020). Właściwości immunomodulacyjne wykazały, że EVs *F. hepatica* stymulują komórki dendrytyczne (DC, z ang. *dendritic cells*) do wydzielania znacznych ilości TNF- α oraz do produkcji białek powierzchniowych DC odpowiedzialnych za aktywację limfocytów, takich jak CD80, CD86 czy CD40, a także wewnątrzkomórkowych cząsteczek sygnalizacyjnych (SOCS1 i SOCS3). Zwykle jednak pasożyty oraz ich ESPs hamują

wydzielanie tych markerów (Dowling i in., 2010; Hamilton i in., 2009). EVs *F. hepatica* sprawiły, że DC przyjęły tzw. półdojrzały fenotyp, co oznacza, że nie były w pełni aktywowane. Potwierdził to brak ekspresji ICAM-1 – białka kluczowego dla efektywnej prezentacji antygenów, co wskazuje, że DC nie pobudzały silnej odpowiedzi immunologicznej (Murphy i in., 2020). Badanie proteomiczne pęcherzyków zewnątrzkomórkowych wydzielanych przez wczesne stadia *F. hepatica* przeprowadzone przez Trelisa i in. pozwoliło na identyfikację przez autorów białek, takich jak enzymy glikolityczne, białka cytoszkieletowe oraz cząsteczki związane z biogenezą pęcherzyków, mogą odgrywać kluczową rolę w patogenezie pasożyta, modulacji układu odpornościowego gospodarza oraz wspieraniu inwazji i migracji w tkankach. Szczególnie interesujące są białka z rodziny Ras i Rab, które mogą pełnić funkcję regulatorów transportu pęcherzyków i procesów komórkowych, co czyni je potencjalnymi kandydatami na biomarkery oraz cele dla przyszłych strategii zwalczania fascjolozy (Trelis i in., 2022). de la Torre-Escudero i in. (2019) wykazali, że EVs *F. hepatica* zawierają białka kompleksu ESCRT (z ang. *endosomal sorting complex equired for transport*), takie jak ALIX i syntenina, które są zaangażowane w fuzję pęcherzyków z błoną komórkową (de la Torre-Escudero i in., 2019). Inni badacze zwrócili uwagę na immunomodulacyjne białka, takie jak katepsyna L1, które po przyswojeniu wpływają na funkcje komórek gospodarza, w tym na makrofagi. Obydwa badania wskazują na kluczową rolę EV w utrzymaniu odpowiedzi immunologicznej typu Th2, co sprzyja przeżyciu pasożyta (Cwiklinski i in., 2015).

Charakterystyka proteomiczna EVs wydzielanych przez przywry z rodzaju *Schistosoma* ujawniła ładunek białkowy, który

odgrywa istotną rolę w ich biologii oraz interakcjach z gospodarzem (Zhu i in., 2016). Analizy proteomiczne EVs *S. mansoni*, *S. japonicum* oraz *S. haematobium* zidentyfikowały charakterystyczne markery egzosomów, takie jak tetraspaniny, HSP oraz białka Rab (Sotillo i in., 2016; Zhu i in., 2016; Bexkens i in., 2020; Mekonnen i in., 2020). Ponadto, w EVs *Schistosoma* spp. powszechnie występują enzymy metaboliczne, w tym enzymy szlaku glikolitycznego, co sugeruje, że EVs mogą odgrywać rolę w metabolizmie pasożyta lub modulowaniu metabolizmu komórek gospodarza (Samoil i in., 2018). Identyfikacja antygenów powierzchniowych w EVs *S. japonicum* oraz *S. mansoni*, takich jak tetraspaniny, wskazuje na potencjał EVs jako źródeł kandydatów na szczepionki i markerów schistosomatozy (Mekonnen i in., 2020; Sotillo i in., 2016; Zhu i in., 2016).

Analiza EVs wydzielanych przez *Calicophoron daubneyi* w badaniu Allen i in. (2021) doprowadziła do identyfikacji 378 białek, gdzie ponownie opisano białka charakterystyczne dla przywr – tetraspaniny, aneksyny czy białka szoku cieplnego. Dodatkowo, opisano 86 białek powierzchniowych, a duża ich część stanowiła markery egzosomalne dla EVs przywr (Allen i in., 2021). Z kolei analiza proteomu EVs oczyszczonych z ESPs *Paragonimus kellicotti* wykazała obecność białek zaangażowanych w transport komórkowy, białek szoku cieplnego, białek cytoszkieletu, proteaz oraz aneksyn. Analiza proteomu wykazała obecność białek zaangażowanych w wiele procesów komórkowych (Di Maggio i in., 2023). Obecność wspólnych białek w EVs różnych gatunków helmintów, w tym *C. daubneyi* i *P. kellicotti*, podkreśla znaczenie tych pęcherzyków w biologii pasożytów i ich interakcjach z gospodarzem (Marcilla i in., 2012).

2.3 Pęcherzyki zewnątrzkomórkowe tasiemców

Badania proteomiczne pęcherzyków zewnątrzkomórkowych tasiemców z rodzaju *Taenia* dostarczyły cennych informacji na temat ich składu białkowego i potencjalnie pełnionych funkcji. W badaniu Wanga i in. (2020) zastosowano analizę proteomiczną do scharakteryzowania pęcherzyków *Taenia pisiformis* i zidentyfikowano liczne białka zaangażowane w biogenezę egzosomów, takie jak białka Rab (Rab-2A, Rab-4A, Rab-6A, Rab-10 i Rab-14), białko fuzji pęcherzyków Vps4 oraz białko transformujące RhoA. Dodatkowo, analiza proteomiczna wykazała obecność białek specyficznych dla tych pęcherzyków (Wang i in., 2020; Wang i in., 2023). Z kolei inni badacze przeprowadzili analizę proteomiczną EVs wyizolowanych z cystycerkusów *Taenia solium*. Autorzy zidentyfikowali białka związane z hamowaniem szlaku PI3K–AKT oraz z mechanizmem lizosomalnej degradacji białek AKT i mTORC1 w makrofagach. Warto podkreślić, że badanie to po raz pierwszy objęło również analizę metabolitów EVs (Rawat i in., 2024).

Badania proteomiczne pęcherzyków zewnątrzkomórkowych wydzielanych przez tasiemca bąblowcowego (*Echinococcus granulosus*) dostarczyły szczegółowego wglądu w ich skład białkowy. W badaniu Nicolao i in. (2019) przeprowadzono analizę proteomiczną nano-HPLC-MS, identyfikując 112 białek w EVs stanowiących kontrolę oraz 298 białek w EVs izolowanych po traktowaniu pasożyta looperamidem nasilającym wydzielanie EVs *E. granulosus*. Porównano je z EVs innych płazińców oraz ssaków, wykazując obecność wspólnych komponentów, takich jak markery egzosomów, białka zaangażowane w biogenezę MVB, transport

pęcherzyków, enzymy, chaperony i białka cytoszkieletowe, a także niektóre antygeny (Nicolao i in., 2019). Późniejsze badanie Nicolao i in. (2023) skupiło się na analizie proteomicznej EVs z protoskoleksów *E. granulosus* traktowanych lekami, identyfikując enzymy związane ze steroidogenezą, biosyntezą puryn, regulacją polaryzacji komórkowej i glikozylacją białek, a także enzymy modyfikujące antygenowość pasożyta. Zidentyfikowano również białka antygenowe będące częścią ładunku EVs, który może być przekazywany do komórek dendrytycznych w celu promowania ich dojrzewania i aktywacji transkrypcji cytokin (Nicolao i in., 2023). Zhou i in. (2019) przeprowadzili analizę proteomiczną porównując EVs z płynu torbieli bąblowcowej (HCF, z ang. *hydatid cyst fluid*) i supernatantów hodowli protoskoleksów (PCS, z ang. *protoscolex culture supernatant*), identyfikując ludzkie białka w HCF-EVs i znacznie większą liczbę białek pasożytniczych w HCF-EVs (936) niż w PCS-EVs (149) (Zhou i in., 2019). Analiza proteomiczna EVs krążących w osoczu myszy zakażonych *E. granulosus*, pozwoliła na identyfikację 533 białek myszy i 32 białek podobnych do *E. granulosus*, w tym charakterystycznych markerów egzosomów (Shi i in., 2022).

Badania proteomiczne EVs tasiemców ujawniają ich złożony skład białkowy i potencjalną rolę w interakcjach z gospodarzem oraz modulacji odpowiedzi immunologicznej (Nicolao i in., 2019; Wang i in., 2020). Niemniej jednak, dalsze badania proteomiczne nad EVs różnych gatunków tasiemców są kluczowe dla pełniejszego zrozumienia różnorodności ich składu białkowego i związanych z tym mechanizmów oddziaływań z gospodarzem oraz modulacji układu odpornościowego.

3. Podsumowanie

Pęcherzyki zewnątrzkomórkowe wydzielane przez nicie, przywry i tasiemce odgrywają istotną rolę w interakcjach między pasożytem a jego żywicielem. Pełnią one funkcje związane z modulacją odpowiedzi immunologicznej, transportem substancji oraz adaptacją pasożyta do warunków panujących w organizmie żywiciela. Analizy proteomiczne wykazały, że skład białkowy EVs różni się w zależności od gatunku pasożyta, jego stadium rozwojowego oraz środowiska, w którym się znajduje. Wśród najczęściej identyfikowanych białek znajdują się enzymy proteolityczne, białka transportowe, białka strukturalne oraz immunomodulatory, które mogą wpływać na przebieg infekcji i umożliwiać pasożytowi długotrwałe przebywanie w organizmie gospodarza.

Badania nad EVs pozwalają lepiej zrozumieć mechanizmy działania pasożytów i ich strategii przetrwania. Wiele zidentyfikowanych białek może mieć potencjalne zastosowanie w diagnostyce chorób pasożytniczych. Szczególnie interesujące wydaje się wykorzystanie EVs jako źródła antygenów do opracowania szczepionek. Ponadto, dalsze badania nad proteomem EVs mogą dostarczyć nowych informacji na temat ich roli w patogenezie chorób pasożytniczych oraz wskazać nowe kierunki w leczeniu i prewencji infekcji.

Chociaż wiedza na temat EVs pasożytów stale się rozwija, wciąż istnieje wiele niewiadomych dotyczących mechanizmów ich działania i wpływu na organizm żywiciela – szczególnie podkreślany jest brak zidentyfikowanych specyficznych markerów umożliwiających rozpoznawanie EVs pasożytów. Dalsze badania, zwłaszcza z wykorzystaniem nowoczesnych technologii

omicznych, mogą przyczynić się do odkrycia nowych strategii zwalczania pasożytów oraz lepszego zrozumienia ich biologii. Identyfikacja i charakterystyka funkcji białek obecnych w EVs może mieć istotne znaczenie nie tylko dla zrozumienia mechanizmów biologii pasożytów, lecz także dla rozwoju nowych strategii diagnostycznych i terapeutycznych w zwalczaniu chorób pasożytniczych.

4. Literatura

- Allen, N. R., Taylor-Mew, A. R., Wilkinson, T. J., Huws, S., Phillips, H., Morphew, R. M., i Brophy, P. M. (2021). Modulation of Rumen Microbes Through Extracellular Vesicle Released by the Rumen Fluke *Calicophoron daubneyi*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.661830>
- Anderson, R. M., i May, R. M. (1979). Population biology of infectious diseases: Part I. *Nature* (T. 280, Numer 5721). <https://doi.org/10.1038/280361a0>
- Bebelman, M. P., Smit, M. J., Pegtel, D. M., i Baglio, S. R. (2018). Biogenesis and function of extracellular vesicles in cancer. *W Pharmacology and Therapeutics* (T. 188). <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2018.02.013>
- Bennett, A. P. S., de la Torre-Escudero, E., Dermott, S. S. E., Threadgold, L. T., Hanna, R. E. B., i Robinson, M. W. (2022). Fasciola hepatica Gastrodermal Cells Selectively Release Extracellular Vesicles via a Novel Atypical Secretory Mechanism. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(10). <https://doi.org/10.3390/ijms23105525>
- Bernal, D., De La Rubia, J. E., Carrasco-Abad, A. M., Toledo, R., Mas-Coma, S., i Marcilla, A. (2004). Identification of enolase as a plasminogen-binding protein in excretory-secretory products of Fasciola hepatica. *FEBS Letters*, 563(1–3). [https://doi.org/10.1016/S0014-5793\(04\)00306-0](https://doi.org/10.1016/S0014-5793(04)00306-0)

Bexkens, M. L., van Gestel, R. A., van Breukelen, B., Urbanus, R. T., Brouwers, J. F., Nieuwland, R. i in. (2020). Schistosoma mansoni infection affects the proteome and lipidome of circulating extracellular vesicles in the host. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.molbiopara.2020.111296>

Bobrie, A., Colombo, M., Raposo, G., i Théry, C. (2011). Exosome Secretion: Molecular Mechanisms and Roles in Immune Responses. *W Traffic* (T. 12, Numer 12). <https://doi.org/10.1111/j.1600-0854.2011.01225.x>

Borges, F. T., Reis, L. A., i Schor, N. (2013). Extracellular vesicles: Structure, function, and potential clinical uses in renal diseases. *W Brazilian Journal of Medical and Biological Research* (T. 46, Numer 10). <https://doi.org/10.1590/1414-431X20132964>

Borges, R. M. (2017). Co-niche construction between hosts and symbionts: ideas and evidence. *W Journal of Genetics* (T. 96, Numer 3). <https://doi.org/10.1007/s12041-017-0792-9>

Boysen, A. T., Whitehead, B., Stensballe, A., Carnerup, A., Nylander, T., i Nejsum, P. (2020). Fluorescent labeling of helminth extracellular vesicles using an in vivo whole organism approach. *Biomedicines*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/BIOMEDICINES8070213>

Cai, H., Reinisch, K., i Ferro-Novick, S. (2007). Coats, Tethers, Rabs, and SNAREs Work Together to Mediate the Intracellular Destination of a Transport Vesicle. *W Developmental Cell* (T. 12, Numer 5). <https://doi.org/10.1016/j.devcel.2007.04.005>

Chaiyadet, S., Sotillo, J., Smout, M., Cantacessi, C., Jones, M. K., Johnson, M. S. i in. (2015). Carcinogenic liver fluke secretes extracellular vesicles that promote cholangiocytes to adopt a tumorigenic phenotype. *Journal of Infectious Diseases*, 212(10), 1636–1645. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiv291>

Chaiyadet, S., Sotillo, J., Smout, M., Cooper, M., Doolan, D. L., Waardenberg, A. i in. (2023). *Small extracellular vesicles but not microvesicles from Opisthorchis viverrini promote cell proliferation in human cholangiocytes*. <https://doi.org/10.1101/2023.05.22.540805>

Cheng, C.-J., Wang, L.-C., Chu, L. J., Chen, K.-Y., Huang, C.-Y., Lan, K.-L., i Huang, K.-Y. (2025). Extracellular vesicles from fifth-stage larval *Angiostrongylus cantonensis* upregulate cholesterol biosynthesis and suppress NLRP2-associated inflammatory responses in mouse astrocytes. *mSystems*, 10(1). <https://doi.org/10.1128/msystems.01014-24>

Coakley, G., Buck, A. H., i Maizels, R. M. (2016). Host parasite communications—Messages from helminths for the immune system: Parasite communication and cell-cell interactions. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 208(1), 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.molbiopara.2016.06.003>

Cwiklinski, K., De La Torre-Escudero, E., Trelis, M., Bernal, D., Dufresne, P. J., Brennan, G. P. i in. (2015). The extracellular vesicles of the helminth pathogen, *Fasciola hepatica*: Biogenesis pathways and cargo molecules involved in parasite pathogenesis. *Molecular and Cellular Proteomics*, 14(12), 3258–3273. <https://doi.org/10.1074/mcp.M115.053934>

Dang, V. D., Jella, K. K., Ragheb, R. R. T., Denslow, N. D., i Allik, A. A. (2017). Lipidomic and proteomic analysis of exosomes from mouse cortical collecting duct cells. *FASEB Journal*, 31(12). <https://doi.org/10.1096/fj.201700417R>

de la Torre-Escudero, E., Gerlach, J. Q., Bennett, A. P. S., Cwiklinski, K., Jewhurst, H. L., Huson, K. M. i in. (2019). Surface molecules of extracellular vesicles secreted by the helminth pathogen *Fasciola hepatica* direct their internalisation by host cells. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 13(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007087>

Di Maggio, L. S., Fischer, K., Yates, D., Curtis, K. C., Rosa, B. A., Martin, J. i in. (2023). The proteome of extracellular vesicles of the lung fluke *Paragonimus kellicotti* produced in vitro and in the lung cyst. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39966-x>

Dowling, D. J., Hamilton, C. M., Donnelly, S., La Course, J., Brophy, P. M., Dalton, J., i O'Neill, S. M. (2010). Major secretory antigens of the Helminth *Fasciola hepatica* activate a suppressive dendritic cell phenotype that attenuates Th17 cells but fails to activate Th2 immune responses. *Infection and Immunity*, 78(2). <https://doi.org/10.1128/IAI.00573-09>

Drew, G. C., Stevens, E. J., i King, K. C. (2021). Microbial evolution and transitions along the parasite–mutualist continuum. *W Nature Reviews Microbiology* (T. 19, Numer 10). <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00550-7>

Eichenberger, R. M., Ryan, S., Jones, L., Buitrago, G., Polster, R., de Oca, M. M. i in. (2018). Hookworm secreted extracellular vesicles interact with host cells and prevent inducible colitis in mice. *Frontiers in Immunology*, 9(APR). <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.00850>

Eichenberger, R. M., Talukder, M. H., Field, M. A., Wangchuk, P., Giacomini, P., Loukas, A., i Sotillo, J. (2018). Characterization of *Trichuris muris* secreted proteins and extracellular vesicles provides new insights into host–parasite communication. *Journal of Extracellular Vesicles*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/20013078.2018.1428004>

Gámez-Valero, A., Monguió-Tortajada, M., Carreras-Planella, L., Franquesa, M., Beyer, K., i Borràs, F. E. (2016). Size-Exclusion Chromatography-based isolation minimally alters Extracellular Vesicles' characteristics compared to precipitating agents. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep33641>

Gheinani, A. H., Vögeli, M., Baumgartner, U., Vassella, E., Draeger, A., Burkhard, F. C., i Monastyrskaya, K. (2018). Improved isolation strategies to increase the yield and purity of human urinary exosomes for biomarker discovery. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22142-x>

González-Miguel, J., Valero, M. A., Reguera-Gomez, M., Mas-Bargues, C., Bargues, M. D., Simón, F., i Mas-Coma, S. (2019). Numerous *Fasciola* plasminogen-binding proteins may underlie blood-brain barrier leakage and explain neurological disorder complexity and heterogeneity in the acute and chronic phases of

human fascioliasis. *Parasitology*, 146(3).
<https://doi.org/10.1017/S0031182018001464>

Hamilton, C. M., Dowling, D. J., Loscher, C. E., Morphew, R. M., Brophy, P. M., i O'Neill, S. M. (2009). The *Fasciola hepatica* tegumental antigen suppresses dendritic cell maturation and function. *Infection and Immunity*, 77(6).
<https://doi.org/10.1128/IAI.00919-08>

Hansen, E. P., Fromm, B., Andersen, S. D., Marcilla, A., Andersen, K. L., Borup, A. i in. (2019). Exploration of extracellular vesicles from *Ascaris suum* provides evidence of parasite–host cross talk. *Journal of Extracellular Vesicles*, 8(1).
<https://doi.org/10.1080/20013078.2019.1578116>

Harischandra, H., Yuan, W., Loghry, H. J., Zamanian, M., i Kimber, M. J. (2018). Profiling extracellular vesicle release by the filarial nematode *Brugia malayi* reveals sex-specific differences in cargo and a sensitivity to ivermectin. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 12(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006438>

Hasnain, S. Z., Gallagher, A. L., Grecis, R. K., i Thornton, D. J. (2013). A new role for mucins in immunity: Insights from gastrointestinal nematode infection. *W International Journal of Biochemistry and Cell Biology* (T. 45, Numer 2).
<https://doi.org/10.1016/j.biocel.2012.10.011>

Hasnain, S. Z., McGuckin, M. A., Grecis, R. K., i Thornton, D. J. (2012). Serine Protease(s) Secreted by the Nematode *Trichuris muris* Degrade the Mucus Barrier. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 6(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001856>

Heijnen, H. F. G., Schiel, A. E., Fijnheer, R., Geuze, H. J., i Sixma, J. J. (1999). Activated platelets release two types of membrane vesicles: Microvesicles by surface shedding and exosomes derived from exocytosis of multivesicular bodies and α -granules. *Blood*, 94(11). <https://doi.org/10.1182/blood.v94.11.3791>

Hewitson, J. P., Grainger, J. R., i Maizels, R. M. (2009a). Helminth immunoregulation: The role of parasite secreted proteins in modulating host immunity. W *Molecular and Biochemical Parasitology* (T. 167, Numer 1). <https://doi.org/10.1016/j.molbiopara.2009.04.008>

Hewitson, J. P., Grainger, J. R., i Maizels, R. M. (2009b). Helminth immunoregulation: The role of parasite secreted proteins in modulating host immunity. W *Molecular and Biochemical Parasitology* (T. 167, Numer 1). <https://doi.org/10.1016/j.molbiopara.2009.04.008>

Kochanowski, M., Dąbrowska, J., Różycki, M., Sroka, J., Karamon, J., Belcik, A. i in. (2022). Proteomic Profiling and In Silico Characterization of the Secretome of *Anisakis simplex* Sensu Stricto L3 Larvae. *Pathogens*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/pathogens11020246>

Kochanowski, M., Różycki, M., Dąbrowska, J., Belcik, A., Karamon, J., Sroka, J., i Cencek, T. (2020). Proteomic and bioinformatic investigations of heat-treated *Anisakis simplex* third-stage larvae. *Biomolecules*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/biom10071066>

Li, C., Li, C., Xu, F., Wang, H., Jin, X., Zhang, Y. i in. (2023). Identification of antigens in the *Trichinella spiralis* extracellular

vesicles for serological detection of early stage infection in swine. *Parasites and Vectors*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-023-06013-7>

Loukas, A., Doedens, A., Hintz, M., i Maizels, R. M. (2000). Identification of a new C-type lectin, TES-70, secreted by infective larvae of *Toxocara canis*, which binds to host ligands. *Parasitology*, 121(5). <https://doi.org/10.1017/S0031182099006721>

Maizels, R. M., Gomez-Escobar, N., Gregory, W. F., Murray, J., i Zang, X. (2001). Immune evasion genes from filarial nematodes. *International Journal for Parasitology*, 31(9). [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(01\)00213-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(01)00213-2)

Maizels, R. M., i McSorley, H. J. (2016). Regulation of the host immune system by helminth parasites. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 138(3). <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2016.07.007>

Mallo, G. V., Kurz, C. L., Couillault, C., Pujol, N., Granjeaud, S., Kohara, Y., i Ewbank, J. J. (2002). Inducible antibacterial defense system in *C. elegans*. *Current Biology*, 12(14). [https://doi.org/10.1016/S0960-9822\(02\)00928-4](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(02)00928-4)

Manikantan, V., Ripley, N. E., Nielsen, M. K., i Dangoudoubiyam, S. (2024). Protein profile of extracellular vesicles derived from adult *Parascaris* spp. *Parasites i vectors*, 17(1), 426. <https://doi.org/10.1186/s13071-024-06502-3>

Marcilla, A., Trelis, M., Cortés, A., Sotillo, J., Cantalapiedra, F., Minguez, M. T. i in. (2012). Extracellular Vesicles from Parasitic Helminths Contain Specific Excretory/Secretory Proteins and Are

Internalized in Intestinal Host Cells. *PLoS ONE*, 7(9).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045974>

Mekonnen, G. G., Tedla, B. A., Pickering, D., Becker, L., Wang, L., Zhan, B. i in. (2020). Schistosoma haematobium extracellular vesicle proteins confer protection in a heterologous model of schistosomiasis. *Vaccines*, 8(3).
<https://doi.org/10.3390/vaccines8030416>

Murphy, A., Cwiklinski, K., Lalor, R., O'connell, B., Robinson, M. W., Gerlach, J. i in. (2020). Fasciola hepatica extracellular vesicles isolated from excretory-secretory products using a gravity flow method modulate dendritic cell phenotype and activity. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 14(9), 1–25.
<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008626>

Nicolao, M. C., Rodrigues, C. R., Coccimiglio, M. B., Ledo, C., Docena, G. H., i Cumino, A. C. (2023). Characterization of protein cargo of Echinococcus granulosus extracellular vesicles in drug response and its influence on immune response. *Parasites and Vectors*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05854-6>

Nicolao, M. C., Rodriguez Rodrigues, C., i Cumino, A. C. (2019). Extracellular vesicles from Echinococcus granulosus larval stage: Isolation, characterization and uptake by dendritic cells. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 13(1).
<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007032>

Nishikado, H., Fujimura, T., Taka, H., Mineki, R., Ogawa, H., Okumura, K., i Takai, T. (2015). Cysteine protease antigens cleave CD123, the α subunit of murine IL-3 receptor, on basophils and

suppress IL-3-mediated basophil expansion. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 460(2).
<https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.03.022>

Palomba, M., Rughetti, A., Mignogna, G., Castrignanò, T., Rahimi, H., Masuelli, L. i in. (2023). Proteomic characterization of extracellular vesicles released by third stage larvae of the zoonotic parasite *Anisakis pegreffii* (Nematoda: Anisakidae). *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 13.
<https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1079991>

Poulin, R. (2011). Evolutionary ecology of parasites. W *Evolutionary Ecology of Parasites: (Second Edition)*.
<https://doi.org/10.2307/3285737>

Rajendran, L., Honsho, M., Zahn, T. R., Keller, P., Geiger, K. D., Verkade, P., i Simons, K. (2006). Alzheimer's disease β -amyloid peptides are released in association with exosomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(30).
<https://doi.org/10.1073/pnas.0603838103>

Rawat, S. S., Keshri, A. K., Arora, N., Kaur, R., Mishra, A., Kumar, R., i Prasad, A. (2024). *Taenia solium* cysticerci's extracellular vesicles Attenuate the AKT/mTORC1 pathway for Alleviating DSS-induced colitis in a murine model. *Journal of Extracellular Vesicles*, 13(5). <https://doi.org/10.1002/jev2.12448>

Ricciardi, A., Bennuru, S., Tariq, S., Kaur, S., Wu, W., Elkahloun, A. G. i in. (2021). Extracellular vesicles released from the filarial parasite *Brugia Malayi* downregulate the host mTOR pathway.

PLoS Neglected Tropical Diseases, 15(1), 1–18.
<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008884>

Riera-Ferrer, E., Mazanec, H., Mladineo, I., Konik, P., Piazzon, M. C., Kuchta, R. i in. (2024). An inside out journey: biogenesis, ultrastructure and proteomic characterisation of the ectoparasitic flatworm *Sparicotyle chrysophrii* extracellular vesicles. *Parasites and Vectors*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-024-06257-x>

Riera-Ferrer, E., Piazzon, M. C., Del Pozo, R., Palenzuela, O., Estensoro, I., i Sitjà-Bobadilla, A. (2022). A bloody interaction: plasma proteomics reveals gilthead sea bream (*Sparus aurata*) impairment caused by *Sparicotyle chrysophrii*. *Parasites and Vectors*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05441-1>

Robinson, M. W., Hutchinson, A. T., Dalton, J. P., i Donnelly, S. (2010). Peroxiredoxin: A central player in immune modulation. *W Parasite Immunology* (T. 32, Numer 5). <https://doi.org/10.1111/j.1365-3024.2010.01201.x>

Robinson, M. W., Hutchinson, A. T., Donnelly, S., i Dalton, J. P. (2010). Worm secretory molecules are causing alarm. *W Trends in Parasitology* (T. 26, Numer 8). <https://doi.org/10.1016/j.pt.2010.05.004>

Rooney, J., Williams, T. L., Northcote, H. M., Frankl, F. E. K., Price, D. R. G., Nisbet, A. J., Morphey, R. M., i Cantacessi, C. (2022). Excretory-secretory products from the brown stomach worm, *Teladorsagia circumcincta*, exert antimicrobial activity in in vitro growth assays. *Parasites and Vectors*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05443-z>

Rózsa, L., i Garay, J. (2023). Definitions of parasitism, considering its potentially opposing effects at different levels of hierarchical organization. W *Parasitology* (T. 150, Numer 9, s. 761–768). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/S0031182023000598>

Samoil, V., Dagenais, M., Ganapathy, V., Aldridge, J., Glebov, A., Jardim, A., i Ribeiro, P. (2018). Vesicle-based secretion in schistosomes: Analysis of protein and microRNA (miRNA) content of exosome-like vesicles derived from *Schistosoma mansoni*. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21587-4>

Sánchez-López, C. M., González-Arce, A., Ramírez-Toledo, V., Bernal, D., i Marcilla, A. (2024). Unraveling new players in helminth pathology: extracellular vesicles from *Fasciola hepatica* and *Dicrocoelium dendriticum* exert different effects on hepatic stellate cells and hepatocytes. *International Journal for Parasitology*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2024.06.002>

Sánchez-López, C. M., González-Arce, A., Soler, C., Ramírez-Toledo, V., Trelis, M., Bernal, D., i Marcilla, A. (2023). Extracellular vesicles from the trematodes *Fasciola hepatica* and *Dicrocoelium dendriticum* trigger different responses in human THP-1 macrophages. *Journal of Extracellular Vesicles*, 12(4). <https://doi.org/10.1002/jev2.12317>

Schmid-Hempel, P. (2011). Evolutionary parasitology: The integrated study of infections, immunology, ecology and genetics. W *Trends in parasitology* (T. 27).

Shi, C., Zhou, X., Yang, W., Wu, J., Bai, M., Zhang, Y. i in. (2022). Proteomic Analysis of Plasma-Derived Extracellular Vesicles From Mice With *Echinococcus granulosus* at Different Infection Stages and Their Immunomodulatory Functions. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.805010>

Skotland, T., Sandvig, K., i Llorente, A. (2017). Lipids in exosomes: Current knowledge and the way forward. W *Progress in Lipid Research* (T. 66). <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2017.03.001>

Sonoda, H., Yokota-Ikeda, N., Oshikawa, S., Kanno, Y., Yoshinaga, K., Uchida, K. i in. (2009). Decreased abundance of urinary exosomal aquaporin-1 in renal ischemia-reperfusion injury. *American Journal of Physiology - Renal Physiology*, 297(4). <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00200.2009>

Sotillo, J., Pearson, M., Potriquet, J., Becker, L., Pickering, D., Mulvenna, J., i Loukas, A. (2016). Extracellular vesicles secreted by *Schistosoma mansoni* contain protein vaccine candidates. *International Journal for Parasitology*, 46(1), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2015.09.002>

Stryński, R., Fiedorowicz, E., Mateos, J., Andronowska, A., Łopieńska-Biernat, E., i Carrera, M. (2025). Exploring the exoproteome of the parasitic nematode *Anisakis simplex* (s. s.) and its impact on the human host – an in vitro cross-talk proteomic approach. *Frontiers in Immunology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1509984>

Tarczyński, S. (1984). *Zarys Parazytologii Systematycznej* (II). Państwowe Wydawnictwo Naukowe.

Théry, C., Boussac, M., Véron, P., Ricciardi-Castagnoli, P., Raposo, G., Garin, J., i Amigorena, S. (2001). Proteomic Analysis of Dendritic Cell-Derived Exosomes: A Secreted Subcellular Compartment Distinct from Apoptotic Vesicles. *The Journal of Immunology*, 166(12).
<https://doi.org/10.4049/jimmunol.166.12.7309>

Trelis, M., Sánchez-López, C. M., Sánchez-Palencia, L. F., Ramírez-Toledo, V., Marcilla, A., i Bernal, D. (2022). Proteomic Analysis of Extracellular Vesicles From *Fasciola hepatica* Hatching Eggs and Juveniles in Culture. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.903602>

Tzelos, T., Matthews, J. B., Buck, A. H., Simbari, F., Frew, D., Inglis, N. F. i in. (2016). A preliminary proteomic characterisation of extracellular vesicles released by the ovine parasitic nematode, *Teladorsagia circumcincta*. *Veterinary Parasitology*, 221, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.03.008>

Wang, L., Liu, T., Pu, G., Chen, G., Li, H., Zhang, S. i in. (2023). Global profiling of miRNA and protein expression patterns in rabbit peritoneal macrophages treated with exosomes derived from *Taenia pisiformis* cysticercus. *Genomics*, 115(5). <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2023.110690>

Wang, L. Q., Liu, T. L., Liang, P. H., Zhang, S. H., Li, T. S., Li, Y. P. i in. (2020). Characterization of exosome-like vesicles derived from *Taenia pisiformis* cysticercus and their immunoregulatory

role on macrophages. *Parasites and Vectors*, 13(1).
<https://doi.org/10.1186/s13071-020-04186-z>

Wang, T., Koukoulis, T. F., Vella, L. J., Su, H., Purnianto, A., Nie, S. i in. (2023). The Proteome and Lipidome of Extracellular Vesicles from *Haemonchus contortus* to Underpin Explorations of Host–Parasite Cross–Talk. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(13). <https://doi.org/10.3390/ijms241310955>

Wu, F., Chen, X., Du, Z., Chen, Y., Tong, D., Zhang, J. i in. (2024). Proteomic differences between extracellular vesicles and extracellular vesicle-depleted excretory/secretory products of barber's pole worm. *Parasites and Vectors*, 17(1).
<https://doi.org/10.1186/s13071-023-06092-6>

Yáñez-Mó, M., Siljander, P. R. M., Andreu, Z., Zavec, A. B., Borràs, F. E., Buzas, E. I. i in. (2015). Biological properties of extracellular vesicles and their physiological functions. W *Journal of Extracellular Vesicles* (T. 4, Numer 2015).
<https://doi.org/10.3402/jev.v4.27066>

Yang, Y., Wen, Y. J., Cai, Y. N., Vallée, I., Boireau, P., Liu, M. Y., i Cheng, S. P. (2015). Serine proteases of parasitic helminths. *Korean Journal of Parasitology*, 53(1).
<https://doi.org/10.3347/kjp.2015.53.1.1>

Zaborowski, M. P., Balaj, L., Breakefield, X. O., i Lai, C. P. (2015). Extracellular Vesicles: Composition, Biological Relevance, and Methods of Study. W *BioScience* (T. 65, Numer 8).
<https://doi.org/10.1093/biosci/biv084>

Zhou, X., Wang, W., Cui, F., Shi, C., Ma, Y., Yu, Y. i in. (2019). Extracellular vesicles derived from *Echinococcus granulosus* hydatid cyst fluid from patients: isolation, characterization and evaluation of immunomodulatory functions on T cells. *International Journal for Parasitology*, 49(13–14). <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2019.08.003>

Zhu, L., Liu, J., Dao, J., Lu, K., Li, H., Gu, H. i in. (2016). Molecular characterization of *S. japonicum* exosome-like vesicles reveals their regulatory roles in parasite-host interactions. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep25885>

Wpływ emulsji typu O/W zawierających oleje z awokado, nasion bawełny i konopi siewnych na właściwości barierowe skóry: poziom nawilżenia i TEWL

The Impact of O/W Emulsions Containing Avocado, Cottonseed, and Hemp Seed Oils on Skin Barrier Properties: Hydration Level and TEWL

Mariola Mendrycka¹, Piotr Józwiak², Maria Wysieńska², Sara Klimek³, Łukasz Wysieński⁴

¹ Katedra Kosmetologii, Wydział Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Radomski im. K. Pułaskiego w Radomiu

² Institute CENTER (Center for Ear, Nose, & Throat Evaluation & Research) MT5 Foundation, Warsaw, Department of Surgery

³ Instytut Nauk o Zdrowiu, Filia w Sandomierzu, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

⁴ Institute CENTER (Center for Ear, Nose, & Throat Evaluation & Research) MT5 Foundation, Warsaw, Department of Surgery, SPZOZ w Sokołowie Podlaskim

Streszczenie

Naturalne oleje roślinne znalazły szerokie zastosowanie nie tylko w przemyśle spożywczym, ale również w produkcji różnorodnych form kosmetycznych, ze względu na ich korzystny wpływ na skórę i jej przydatki. W ostatnich latach cieszą się one dużą popularnością przy tworzeniu preparatów takich jak kremy do twarzy, maseczki, odżywki do włosów i paznokci, a nawet płyny dwufazowe.

Celem niniejszej pracy było opracowanie receptur kosmetycznych emulsji typu O/W z wykorzystaniem olejów pochodzenia roślinnego. Jako zmienne zastosowano olej z owoców awokado, nasion bawełny oraz konopi siewnych. Głównym założeniem projektu badawczego była ocena wpływu wybranych olejów na poziom nawilżenia skóry oraz transepidermalną utratę wody (TEWL). Dodatkowo, podczas opracowywania receptury zastosowano nanosrebro jako czynnik konserwujący.

Emulsje przygotowano zgodnie z opracowanymi recepturami metodą "gorąco na gorąco", polegającą na emulgowaniu fazy olejowej z wodną przy jednoczesnym dostarczaniu energii cieplnej. Do analizy wizualnej wykorzystano siedem otrzymanych emulsji zawierających różne oleje roślinne. Badania przeprowadzono bezpośrednio po ich wykonaniu, a także po 7, 14 i 30 dniach od daty produkcji. Próbkę przechowywano w lodówce w temperaturze $5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

Analizę sensoryczną przeprowadzono z udziałem 15 probantów, oceniających w skali 1–5 parametry takie jak: konsystencja, jednolitość, zapach, rozpraszanie, wchłanianie, efekt poduszki, wygładzenie, tłustość oraz kleistość. Oceniono również

właściwości użytkowe emulsji poprzez pomiar pH i lepkości. Stabilność preparatów sprawdzono metodą wirówkową oraz w testach temperaturowych.

Poziom nawilżenia skóry oraz wartość TEWL mierzono za pomocą urządzeń Corneometer® CM825 i Tewameter® TM 300. Badania przeprowadzono na grupie 15 ochotników w wieku 45–60 lat, którzy posiadali zdrową i nieuszkodzoną skórę oraz wyrazili pisemną zgodę na udział w badaniu.

Wszystkie otrzymane emulsje wykazywały odpowiedni poziom pH, zgodny z wymaganiami dla kosmetyków przeznaczonych do pielęgnacji skóry. Współczynniki lepkości nie różniły się istotnie między badanymi preparatami. W okresie obserwacji - po 7, 14 i 30 dniach, emulsje nie zmieniły swoich właściwości organoleptycznych; nie zaobserwowano zmian koloru ani zapachu. Pomimo braku klasycznych konserwantów, produkty cechowały się dobrą odpornością na rozwój drobnoustrojów. Po przeprowadzeniu testów stabilności potwierdzono jednorodność i trwałość emulsji typu O/W.

Badane emulsje korzystnie wpływały na poziom nawilżenia skóry oraz redukcję TEWL, a uzyskane wartości mieściły się w zakresie charakterystycznym dla zdrowej skóry. Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że zastosowane oleje roślinne wykazują dobre właściwości pielęgnacyjne i mogą być skutecznie stosowane w preparatach przeznaczonych do pielęgnacji cery dojrzałej.

Słowa kluczowe: nawilżenie skóry, olej z owoców awokado, olej z nasion bawełny, olej z nasion konopi siewnych, TEWL

Abstract

Natural plant oils have found wide application not only in the food industry but also in the formulation of various cosmetic products, due to their beneficial effects on the skin and its appendages. In recent years, they have gained significant popularity in the development of cosmetic preparations such as face creams, masks, hair and nail conditioners, and even biphasic liquids.

The aim of this study was to develop formulations of cosmetic oil-in-water (O/W) emulsions using plant-based oils. The variables used included avocado fruit oil, cottonseed oil, and hemp seed oil. The main objective of the research project was to assess the impact of selected plant oils on skin hydration levels and transepidermal water loss (TEWL) in the resulting cosmetic formulations. Additionally, nanosilver was used as a preservative during the formulation process.

The emulsions were prepared according to the developed formulations using the hot-hot method, which involves emulsifying the oil and water phases while supplying thermal energy. Seven emulsions containing different plant oils were prepared for visual assessment. The evaluation was carried out immediately after preparation and then after 7, 14, and 30 days of storage. The samples were stored in a refrigerator at $5 \pm 0.2^\circ\text{C}$.

A sensory analysis was conducted with the participation of 15 volunteers, who evaluated parameters such as consistency, uniformity, scent, spreadability, absorbency, cushion effect, smoothing, greasiness, and stickiness using a 1-5 scale. The functional properties of the emulsions were also assessed through pH and

viscosity measurements. Emulsion stability was tested using centrifugation and temperature tests.

Skin hydration and TEWL levels were measured using a Corneometer® CM825 and a Tewameter® TM 300. These tests were conducted on 15 volunteers aged 45-60 years, all of whom had healthy, undamaged skin and provided written informed consent.

All obtained emulsions exhibited appropriate pH levels, in line with the standards for skincare cosmetic products. Viscosity measurements showed no significant differences between the tested formulations. Throughout the 7, 14, and 30-day observation periods, the emulsions maintained their organoleptic properties, with no changes in color or scent. Despite the absence of traditional preservatives, the products demonstrated good resistance to microbial growth. The emulsions remained stable and homogeneous after both the centrifuge and temperature tests, with no visible changes in the O/W system.

The tested emulsions had a positive effect on skin hydration and TEWL, with values remaining within the range characteristic of healthy skin. Based on the conducted analyses, it was concluded that the plant oils used in the developed emulsions exhibited beneficial skincare properties and can be effectively used in products intended for mature skin.

Keywords: skin hydration, avocado oil, cottonseed oil, hemp seed oil, TEWL

1. Wstęp

W ostatnich latach naturalne oleje roślinne zyskały dużą popularność w formulacji preparatów kosmetycznych. Wykazują one korzystne działanie zarówno na skórę, jak i jej przydatki, co wynika z obecności cennych składników bioaktywnych, takich jak niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), witaminy oraz antyoksydanty. Surowce te cechują się wysoką biogodnością z ludzką skórą oraz łatwą przyswajalnością (Zielińska i Nowak, 2014).

Oleje roślinne mogą być pozyskiwane z różnych części roślin, w tym z kielków, nasion, owoców oraz pestek. Znajdują szerokie zastosowanie w różnorodnych produktach kosmetycznych, takich jak kremy do twarzy, maseczki, odżywki do włosów i paznokci, a także płyny dwufazowe (Śpiewak, 2018).

Nierafinowane oleje roślinne zachowują swoje właściwości odżywcze oraz charakterystyczny zapach. Zazwyczaj oleje tłoczone na zimno są mniej odporne na działanie wysokiej temperatury, co skutkuje krótszym okresem ich przydatności do użycia, jednak zawierają większą ilość cennych związków aktywnych (Gąbka i in., 2020; Bochniak i in., 2020).

Zastosowanie olejów roślinnych jest bardzo szerokie – oprócz wykorzystania w kosmetyce, mogą być one stosowane jako składniki produktów spożywczych, dodatki kulinarne, a także komponenty wykorzystywane w produkcji farb czy środków impregnujących (Michalak i in., 2019; Chmielewska i in., 2018; La Nasa i in., 2015).

Kosmetologia stanowi dynamicznie rozwijającą się dziedzinę nauki. Współczesny rynek kosmetyczny stawia wysokie wymagania

wobec nowych produktów, zarówno pod względem ich składu, jak i form aplikacji. W związku z tym intensywnie poszukuje się nowych surowców, w szczególności pochodzenia naturalnego, które będą w stanie dostarczyć skórze niezbędnych składników odżywczych, przyczyniając się do poprawy jej kondycji oraz wyglądu.

1.1. Wpływ kwasów tłuszczowych i lipidów na skórę

Kwasy tłuszczowe o długolańcuchowej budowie mogą tworzyć woski w wyniku estryfikacji z wyższymi jednofunkcyjnymi alkoholami (Miklaszewska, 2015). Bariera ochronna skóry jest regulowana poprzez nasilanie syntezy lipidów, które zapobiegają transepidermalnej utracie wody (TEWL – ang. *Transepidermal Water Loss*). Jej funkcjonowanie możliwe jest dzięki obecności pozakomórkowych struktur lipidowych, które pełnią istotną rolę w różnych strefach ochronnych warstwy rogowej naskórka (Peer, 2021).

Kwasy tłuszczowe stosowane w przemyśle kosmetycznym pozyskiwane są najczęściej poprzez proces zmydlania trójglicerydów lub syntetyzowane z wykorzystaniem takich związków jak propylen czy etylen. Znajdują zastosowanie jako substancje natłuszczające oraz emolienty (Zgoda i in., 2019).

Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), do których zaliczają się kwasy omega-3 i omega-6, stanowią istotny składnik biologiczny dla prawidłowego funkcjonowania organizmu. Ich niedobór może prowadzić do zaburzeń bariery naskórkowej, objawiających się m.in. wzmożonym łuszczeniem warstwy rogowej (Kędzia i Wolski, 2019; Materac i in., 2013).

Do kwasów omega-3 zaliczamy: kwas dokozaheksaenowy (DHA), eikozatetraenowy (ETE), α -linolenowy (ALA), oktadekatetraenowy (OTE) oraz eikozapentaenowy (EPA). Natomiast

grupe kwasów omega-6 tworzą: kwas arachidonowy (AA), linolowy (LA), γ -linolenowy (GLA) oraz dihomo- γ -linolenowy (DGLA) (Kolanowski, 2013; Hooper i in., 2018).

Związki te odgrywają ważną rolę w utrzymaniu integralności bariery skórnej: wspomagają zatrzymywanie wody w naskórku (hamując TEWL), poprawiają poziom nawilżenia skóry, przyspieszają regenerację uszkodzonego naskórka oraz wykazują działanie przeciwzapalne. Charakteryzują się także dobrą wchłanialnością oraz zdolnością do intensyfikowania procesów naprawczych skóry (Matterac i in., 2013).

Estry gliceryny i wyższych kwasów karboksylowych, określane mianem tłuszczów, stanowią istotny składnik kosmetycznych formułacji lipidowych. Wśród kwasów tłuszczowych wyróżnia się: kwasy nasycone, takie jak stearynowy i palmitynowy, oraz nienasycone, m.in. kwas oleinowy, linolenowy i linolowy. Kwasy te mogą być stosowane samodzielnie jako emolienty lub czynniki natłuszczające, a także jako surowce do dalszej produkcji półproduktów kosmetycznych (Schäfer i in., 2022)].

1.2. Charakterystyka wybranych olejów roślinnych

Korzystne działanie olejów roślinnych na skórę oraz jej przydatki stanowi istotny czynnik motywujący wielu badaczy do prowadzenia prac nad opracowywaniem innowacyjnych formułacji kosmetycznych. W szczególności koncentrują się oni na wykorzystaniu surowców roślinnych pozyskiwanych różnymi metodami ekstrakcji oraz na tworzeniu kompozycji zawierających kilka składników aktywnych w jednym preparacie, celem określenia ich wpływu na kondycję skóry (Michalak i in., 2018).

W ramach niniejszej pracy zastosowano mieszaninę olejów roślinnych, obejmującą: olej lniany, olej z owoców awokado, olej z nasion aronii, olej z nasion bawełny, olej z konopi siewnych, olej z pestek malin oraz olej z pestek dyni, w ilościach i proporcjach przedstawionych w tabelach 1-2.

1.2.1. Olej z owoców awokado (*INCI: Oleum Perseae, ang. avocado oil*)

Olej z awokado pozyskiwany jest zazwyczaj z miąższu dojrzałych owoców, przy czym może być otrzymywany zarówno metodą tłoczenia, jak i poprzez proces rafinacji (Kilian-Pięta, 2019). Miąższ awokado może zawierać nawet do 70% tłuszczu (Wróński, 2015). Olej ten zaliczany jest do grupy olejów nieschnących. W jego składzie dominują kwasy tłuszczowe z grupy omega-9 i omega-6, w tym: kwas linolenowy (do 2%), kwas stearynowy (do 2%), kwas linolowy (około 10–20%), kwas palmitynowy (4-12%) oraz kwas oleinowy (60-80%). Oprócz kwasów tłuszczowych, olej z awokado zawiera również szereg biologicznie aktywnych składników, takich jak tokoferole (witamina E), karotenoidy (prowitamina A), a także witaminy D i z grupy B, sole mineralne, lecytynę, fitosterole oraz skwalen (Borges i in., 2016).

Skwalen jest związkiem o dobrze udokumentowanych właściwościach przeciwwolnorodnikowych, przeciwgrzybiczych i bakteriobójczych. Wspomaga regenerację naskórka oraz przyczynia się do wygładzenia skóry.

Szczególnie polecany jest do pielęgnacji skóry wrażliwej, suchej oraz dojrzałej. Dzięki bogatemu składowi olej z awokado działa odżywczo i wspomaga regenerację skóry suchej, popękanej i uszkodzonej, skracając czas gojenia się ran. Wykazuje również

właściwości pochłaniające promieniowanie UVB i UVA (Marwicka i in., 2015).

Olej z awokado cechuje się dobrą wchłanialnością: penetruje głębsze warstwy skóry, wykazując działanie zmiękczające i okluzyjne. Ogranicza transepidermalną utratę wody (TEWL) z naskórka. Zalecany jest do samodzielnego stosowania, m.in. w masażu, jak również jako składnik formułacji kosmetycznych, w tym mydeł, kremów pielęgnacyjnych oraz preparatów specjalistycznych przeznaczonych do łagodzenia objawów egzemy i łuszczycy (Borges i in., 2016).

1.2.2. Olej z nasion bawełny (*INCI: Gossypium Herbaceum, ang. cotton seed oil*)

Olej z nasion bawełny otrzymywany jest poprzez tłoczenie nasion rośliny. Charakteryzuje się wysoką zawartością nienasyconych kwasów tłuszczowych, stanowiących około 70-80% jego składu. Istotnym składnikiem obecnym w oleju bawełnianym jest również witamina E, znana ze swoich właściwości antyoksydacyjnych (Riaz i in., 2023). Olej ten zaliczany jest do grupy olejów półsuchnących. Wykazuje działanie emoliencyjne, dzięki czemu może pełnić funkcję środka poślizgowego w formułacjach kosmetycznych (Kumar i in., 2023).

Olej z nasion bawełny zawiera kompleks niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT), określane również mianem witaminy F, który wspomaga procesy regeneracyjne skóry oraz włosów. Do głównych kwasów tłuszczowych obecnych w tym oleju należą: kwas arachidowy, linolowy oraz linolenowy. Jedną z kluczowych właściwości oleju bawełnianego jest jego

działanie przeciwzapalne, co sprawia, że znajduje on zastosowanie w łagodzeniu różnego rodzaju podrażnień skórnych, a także w pielęgnacji skóry niemowląt. Dodatkowo wykazuje właściwości przeciwstarzeniowe, dlatego polecany jest w pielęgnacji skóry dojrzałej (Riaz i in., 2023; Porokhovinova i in., 2022).

Olej ten cechuje się dobrą wchłanialnością, wspomaga przywracanie elastyczności naskórka, odżywia i wygładza zarówno skórę, jak i włosy, zapewniając jednocześnie ich odpowiedni poziom nawilżenia. Ze względu na działanie przeciwalergiczne, rekomendowany jest do pielęgnacji skóry wrażliwej. Może być również stosowany wspomagająco w przypadku schorzeń skóry głowy, takich jak łupież czy łuszczyca (Riaz i in., 2023; Kumar i in., 2023).

1.2.3. Olej z nasion konopi siewnych (*INCI: Hemp Oil*)

Konopie siewne (*Cannabis sativa*) należą do rodziny konopio-watych (*Cannabaceae*). Roślina ta znana jest ze swoich właściwości leczniczych, w tym działania wspomagającego ograniczenie rozwoju miażdżycy (arteriosklerozy), co związane jest z obecnością si-tosteroli (Dąbrowski i Skrajda, 2016). Olej konopny znajduje za-stosowanie w pielęgnacji skóry problematycznej, tłustej, trądziko-wej oraz wykazującej skłonności do stanów zapalnych. Charakte-ryzuje się zielono-brązowym zabarwieniem oraz korzenno-orze-chowym, lekko gorzkim smakiem (Markowska, 2021). Ma gęstą konsystencję i zawiera do 80% niezbędnych nienasyconych kwa-sów tłuszczowych (NNKT) (Dąbrowski i Skrajda, 2016). Może być stosowany samodzielnie jako olej pielęgnacyjny lub jako skład-nik preparatów przeznaczonych do pielęgnacji twarzy i ciała.

Olej z konopi pozytywnie wpływa na odporność skóry. W jego składzie dominują: kwas linolowy (54%), α -linolenowy (17%), oleinowy (13%), nasycone kwasy tłuszczowe (10%) oraz γ -linolenowy (4%) (Dąbrowski i Skrajda, 2016). W przemyśle kosmetycznym wykorzystywane są głównie odmiany konopi o niskim stężeniu kannabinoidów, takich jak Δ^9 -tetrahydrokannabinol (THC). Olej ten znajduje zastosowanie w formułacjach dermatologicznych, ze względu na obecność fitokannabinoidów, wykazujących działanie przeciwzapalne, przeciwbólowe, przeciwnowotworowe i przeciwdepresyjne (Caputa i Nikiel-Loranc, 2019; Zajac, 2020).

Olejek eteryczny z *Cannabis sativa* otrzymywany jest metodą destylacji z parą wodną (Zajac, 2020). W jego składzie występują również sterole, alkaloidy, flawonoidy, dihydrofenantren, dihydrostilben i fenantren. Ekstrakty z liści konopi zawierają dodatkowo saponiny, flawonoidy, steroidy, aminokwasy, fenole, alkaloidy, taniny oraz węglowodany. Olej konopny jest szeroko wykorzystywany w kosmetykach, takich jak kremy do twarzy, maści, masła do ciała, mydła, maseczki oraz toniki. Produkty oparte na oleju konopnym stosowane są w leczeniu i łagodzeniu objawów egzem, łuszczycy, atopowego zapalenia skóry, alergii skórnych oraz stanów zapalnych (Zajac, 2020; Kępińska-Pacelik i Biel, 2021).

W naturalnych preparatach kosmetycznych olej konopny znajduje zastosowanie w pielęgnacji cery mieszanej, trądzikowej oraz dojrzałej. Wykazuje działanie odżywcze, regenerujące, antybakteryjne, ochronne i lecznicze (Caputa i Nikiel-Loranc, 2019). Charakteryzuje się szybkim wchłanianiem oraz dobrą zdolnością rozprowadzania na powierzchni skóry, jednocześnie wzmacniając jej barierę ochronną. Należy do grupy olejów schnących (Kędzia i in.,

2014). Ze względu na ograniczoną trwałość i niską stabilność chemiczną, zaleca się łączenie go z innymi olejami roślinnymi, np. z olejem jojoba. Tworząc formułacje kosmetyczne z udziałem oleju konopnego, należy uwzględnić jego krótki okres przydatności i zastosować odpowiednie komponenty stabilizujące (Katsuyama, i in. 2013).

1.3. Charakterystyka surowców wchodzących w skład emulsji kosmetycznych typu o/w

Faza olejowa:

- **Olej lniany** - charakteryzuje się wysoką zawartością witaminy E oraz obecnością niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3, omega-6 i omega-9. Należy do grupy olejów schnących. Rekomendowany jest do pielęgnacji cery tłustej, a także do stosowania na skórę głowy i włosy (Bartkowsdki, 2013).
- **Olej z nasion dyni** - bogaty w witaminy E, A, K, C, B1 i B2 oraz składniki mineralne, takie jak potas, cynk, selen i beta-karoten. Wykazuje działanie rozjaśniające, nawilżające, natłuszczające i oczyszczające. Polecany do pielęgnacji cery dojrzałej, suchej oraz naczynkowej (Michalak i in., 2017).
- **Olej z nasion aronii** - zawiera niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), w tym około 39% kwasu linolowego. Przeznaczony do pielęgnacji skóry podrażnionej i zaczerwienionej. Szczególnie polecany do cery dojrzałej, wrażliwej i alergicznej. Wykazuje działanie ujędrniające, nawilżające, przeciwzapalne, przeciwzaskórnikowe oraz antyalergiczne (Kubat-Sikorska i in. 2016).

- **Olej z nasion malin** - wyróżnia się charakterystyczną barwą i zapachem. Działa ochronnie przeciw promieniowaniu UV oraz przeciwzapalnie. Wspomaga regenerację, intensywnie nawilża i poprawia elastyczność skóry. Zawiera kwas elagowy, kwasy tłuszczowe omega-3 i omega-6 oraz witaminy E i A (źródło: <https://www.zrobsobiekiem.pl>, data dostępu 08.06.2024.)
- **Emulgin B2** - emulgator stosowany w formulacjach typu olej w wodzie (O/W).
- **Lanette O** - alkohol cetylostearylowy pełniący funkcję regulatora lepkości w emulsjach typu O/W (źródło: <https://www.ul-prospector.com>, data dostępu 08.06.2024).

Faza wodna:

- **Gliceryna kosmetyczna** - składnik o działaniu nawilżającym i łagodzącym; poprawia elastyczność skóry oraz konsystencję produktu kosmetycznego (Borówka, i in. 2021).
- **Kolagen** - stosowany w preparatach o działaniu nawilżającym, regenerującym, ujędrniającym i przeciwstarzeniowym. Działa kojąco na skórę podrażnioną (Klimczak, 2020).
- **Nanosrebro** - wykazuje silne właściwości bakteriobójcze (Langauer-Lewowicka i Pawlas, 2014).
- **Woda destylowana** - pełni funkcję rozpuszczalnika.

2. Cel i zakres pracy

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu emulsji typu olej w wodzie (O/W) zawierających wybrane oleje roślinne z owoców awokado, nasion bawełny oraz konopi siewnych na właściwości barierowe skóry, ze szczególnym uwzględnieniem poziomu nawilżenia oraz transepidermalnej utraty wody (TEWL).

Wybór wymienionych olejów roślinnych był celowy i uzasadniony ich znanymi właściwościami biologicznymi. Olej z awokado, dzięki wysokiej zawartości kwasów tłuszczowych omega-9, tokoferoli i skwalenu, wykazuje intensywne działanie odżywcze, regenerujące i nawilżające. Olej z nasion bawełny, bogaty w witaminę E oraz niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), wspiera odbudowę bariery lipidowej skóry i działa przeciwzapalnie. Natomiast olej z konopi siewnych, zawierający wysokie stężenie kwasu linolowego i α -linolenowego, jest ceniony za właściwości ochronne, przeciwzapalne i wspomagające regenerację skóry wrażliwej oraz problematycznej.

Zakres przeprowadzonych badań obejmował:

1. Opracowanie receptur oraz otrzymanie emulsji kosmetycznych typu O/W z dodatkiem olejów roślinnych.
2. Ocenę właściwości użytkowych sporządzonych emulsji poprzez pomiar pH i lepkości oraz badanie stabilności fizykochemicznej metodą wirówkową i testem temperaturowym.
3. Ocenę wizualną gotowych preparatów kosmetycznych.
4. Przeprowadzenie analizy sensorycznej emulsji z udziałem grupy probantów.
5. Badanie wpływu stosowanych emulsji na poziom nawilżenia skóry.

6. Pomiar wartości transepidermalnej utraty wody (TEWL) przed i po aplikacji emulsji.

Realizacja powyższych założeń umożliwiła kompleksową ocenę potencjału pielęgnacyjnego opracowanych emulsji kosmetycznych w odniesieniu do poprawy właściwości barierowych skóry dojrzałej.

3. Materiały i metody

3.1. Materiały

Do otrzymania emulsji wykorzystano następujące odczynniki:

- Woda destylowana, INCI: Aqua
- Gliceryna kosmetyczna, INCI: Glycerin, Aflofarm
- Kolagen, INCI: Hydrolyzed Collagen, BingoSpa
- Nanosrebro, INCI: Axonnite Silver, e-naturalne.pl
- Lanette O, INCI: Cetearyl Alcohol, BASF Care Creations
- Emulgin B2, INCI: Ceteareth-20, BASF Care Creations
- Olej z owoców awokado, INCI: Persea Gratissima (Avocado) Oil, NACOMI
- Olej z nasion konopi, INCI: Cannabis sativa (Hemp) Seed Oil, NACOMI
- Olej z nasion bawełny, INCI: Gossypium (Cotton) Seed Oil, NACOMI
- Olej lniany, INCI: Linum Usitatissimum (Linseed) Seed Oil, Złoty Łan

- Olej z nasion dyni, INCI: Cucurbita Pepo (Pumpkin) Seed Oil, otrzymany w warunkach nadkrytycznego ditlenku węgla w Instytucie Nowych Syntez Chemicznych w Puławach
- Olej z nasion maliny, INCI: Rubus Idaeus (Raspberry) Seed Oil, otrzymany w warunkach nadkrytycznego ditlenku węgla w Instytucie Nowych Syntez Chemicznych w Puławach
- Olej z nasion aronii, INCI: Aronia melanocarpa Seed Oil, otrzymany w warunkach nadkrytycznego ditlenku węgla w Instytucie Nowych Syntez Chemicznych w Puławach

3.2. Metodyka badań

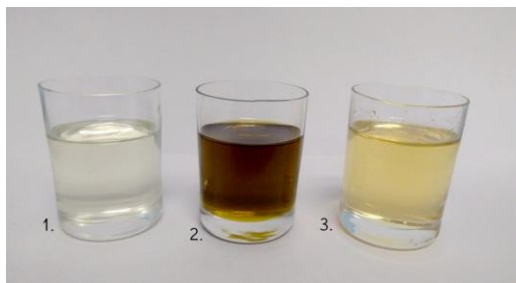
3.2.1. Recepturowanie i proces otrzymywania preparatów kosmetycznych

Surowce fazy olejowej odważono na wadze analitycznej (RADWAG, typ PS 750/C/2) w zlewce o pojemności 200 ml, natomiast składniki fazy wodnej w odpowiednich ilościach, zgodnie z danymi przedstawionymi w tabeli 1 (kontrola) oraz tabeli 2. Obie fazy umieszczono w łaźni wodnej (WSL, DANLAB) i podgrzewano do uzyskania jednakowej temperatury w zakresie 80-85°C oraz całkowitego rozpuszczenia składników fazy olejowej.

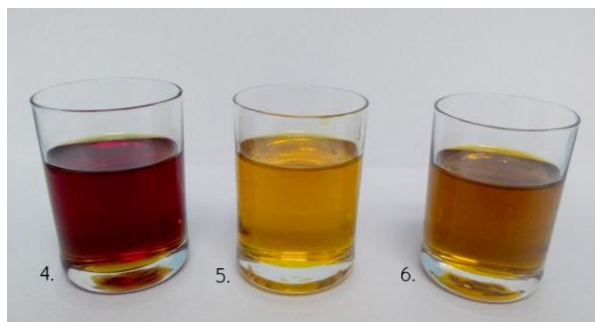
Następnie fazę olejową powoli dodawano do fazy wodnej, stale mieszając za pomocą mieszadła mechanicznego (CAT, M. Zipperer GmbH, model R 100C) przez 10-15 minut, aż do uzyskania jednolitej konsystencji emulsji. Po tym czasie emulsję wyjęto

z łaźni wodnej i kontynuowano mieszanie do momentu osiągnięcia temperatury około 22°C.

Dokumentację fotograficzną olejów roślinnych wykorzystanych do sporządzenia emulsji przedstawiono na fotografiach 1 i 2.



Fotografia 1. Oleje roślinne wykorzystane w badaniu: 1 - olej z awokado, 2 - olej z nasion konopi, 3 - olej z nasion bawełny (źródło: fotografia autorska)



Fotografia 2. Oleje roślinne wykorzystane w badaniu: 4 - olej z nasion dyni, 5 - olej z nasion malin, 6 - olej z nasion aronii (źródło: fotografia autorska)

Tabela 1. Skład emulsji kosmetycznej typu O/W - próba kontrolna (źródło: opracowanie własne)

Faza	Nazwa handlowa	Nazwa INCI	[% wag.]
Faza olejowa	Olej lniany	Linum Usitatissimum Seed Oil	10
	Olej z nasion aronii	Aronia melanocarpa Seed Oil	0,5
	Olej z nasion dyni	Cucurbita Pepo (Pumpkin) Seed Oil	0,5
	Olej z nasion maliny	Rubus Idaeus (Raspberry) Seed Oil	0,5
	Eumulgin B2	Ceteareth-20	3
	Lanette O	Cetearyl Alcohol	6
Faza wodna	Gliceryna	Glycerin	3
	Kolagen	Collagen	6
	Nanosrebro	Colloidal Silver	3
	Woda destylowana	Aqua	67,5

Tabela 2. Skład emulsji typu O/W zawierających oleje roślinne: z awokado, bawełny i konopi siewnych

Część emulsji	Faza	Nazwa handlowa	Nazwa INCI	% wag.	
Część zmienna dla wszystkich emulsji	O	Olej z owoców awokado	Persea Gratissima (Avocado) Oil	0,5	1
		Olej z nasion bawełny	Gossypium (Cotton) Seed Oil	0,5	1
		Olej z nasion konopi siewnych	Cannabis sativa (Hemp) Seed Oil	0,5	1
Część stała		Olej lniany	Linum Usitatissimum Seed Oil	10	

		Olej z nasion aro-nii	Aronia melanocarpa Seed Oil	0,5	
		Olej z nasion dyni	Cucurbita Pepo (Pumpkin) Seed Oil	0,5	
		Olej z nasion ma-liny	Rubus Idaeus (Rasp-berry) Seed Oil	0,5	
		Eumulgin B2	Ceteareth-20	3	
		Lanette O	Cetearyl Alcohol	6	
	W	Gliceryna	Glycerin	3	
		Kolagen	Collagen	6	
		Nanosrebro	Colloidal Silver	3	
		Woda destylo-wana	Aqua	67	66,5

3.2.2. Badanie właściwości użytkowych otrzymanych emulsji kosmetycznych typu O/W

Otrzymane emulsje kosmetyczne poddano ocenie właściwości fizykochemicznych, obejmującej pomiary pH, lepkości oraz stabilności.

3.2.2.1. Pomiar pH

Pomiar pH badanych emulsji przeprowadzono zgodnie z normą BN-77/6140-01/07 przy użyciu laboratoryjnego pehametru typu pH-metr CP-511 firmy ELMETRON (Igielska-Kalwat, 2016).

3.2.2.2. Pomiar lepkości

Współczynnik lepkości dynamicznej (η) oznaczono w temperaturze $22\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ za pomocą lepkościomierza typu RV DV III+ firmy Brookfield (Olejnik i in., 2022). Aparat wyposażony był w układ Helipath oraz zestaw łopatkowych wrzecion pomiarowych. Pomiary przeprowadzono przy prędkości obrotowej 100 obr./min.

3.2.2.3. Badanie stabilności

Stabilność emulsji oceniano przy zastosowaniu dwóch metod: testu temperaturowego oraz testu wirówkowego (Olejnik i in., 2022).

Test temperaturowy polegał na naprzemiennym przechowywaniu próbek w temperaturze podwyższonej ($40\pm 0,2^{\circ}\text{C}$) przez 24 godziny w cieplarni laboratoryjnej CLN 15 STD INOX/G firmy ADVERTI oraz w temperaturze obniżonej ($5\pm 0,2^{\circ}\text{C}$) w chłodzarni firmy Bosch przez kolejną dobę. Badanie trwało łącznie 7 dni i obejmowało 7 cykli temperaturowych. Po każdym cyklu przeprowadzano ocenę wizualną stabilności emulsji.

Test wirówkowy przeprowadzono w temperaturze $22\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ przy użyciu wirówki laboratoryjnej MPW 54 firmy ADVERTI. Próbkę emulsji poddano wirowaniu przez 30 minut przy prędkości 2000 obr./min. Po zakończeniu procesu dokonano oceny wizualnej w celu stwierdzenia ewentualnego rozdzielenia faz.

3.2.3. Ocena wizualna

W celu oceny wizualnej wykorzystano siedem sporządzonych emulsji kosmetycznych zawierających oleje pochodzenia roślinnego. Badanie przeprowadzono bezpośrednio po przygotowaniu

emulsji oraz po 7, 14 i 30 dniach od daty ich produkcji. Próbkę przechowywano w chłodziarce w temperaturze $5\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. W recepturach nie zastosowano klasycznego konserwantu; funkcję przeciwdrobnoustrojową miało pełnić nanosrebro.

Ocenie podlegały cechy organoleptyczne emulsji, takie jak zapach, kolor, jednolitość oraz konsystencja. Badanie przeprowadzono zgodnie z normą BN-64/6140-02 (Cegłowska K., Turlewicz, 2015). Dodatkowo analizowano próbki pod kątem ewentualnych zmian mogących świadczyć o rozwoju zanieczyszczeń mikrobiologicznych.

3.2.4. Ocena sensoryczna

Analizę sensoryczną przeprowadzono w pomieszczeniu klimatyzowanym, w temperaturze $22\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, dla siedmiu sporządzonych emulsji. Ocenie poddano dziewięć cech sensorycznych: konsystencję, jednolitość, zapach, rozprowadzanie, wchłanianie, efekt poduszki, wygładzenie, tłustość oraz kleistość. Wyniki przedstawiono w skali punktowej od 1 (wartość najniższa) do 5 (wartość najwyższa), jako średnie arytmetyczne uzyskane z ocen wszystkich uczestników.

W badaniu wzięło udział 15 ochotników w wieku 45-60 lat, którzy wyrazili pisemną zgodę na udział. Uczestnicy zostali poinformowani o zasadach anonimowości oraz przeszli szkolenie dotyczące procedury oceny, opracowane na podstawie wytycznych według Klimaszewska i in. (Klimaszewska i in., 2016).

3.2.5. Badanie zmiany poziomu nawilżenia skóry po aplikacji emulsji kosmetycznej typu O/W

Badanie przeprowadzono w grupie 15 kobiet w wieku 45-60 lat, posiadających zdrową i niezmienioną chorobowo skórę, które wyraziły pisemną zgodę na udział w badaniu. Celem było określenie wpływu aplikacji sporządzonych emulsji na poziom nawilżenia warstwy rogowej naskórka, przy użyciu urządzenia Corneometr® CM825.

Przed pomiarami skóra przedramienia została oczyszczona z zanieczyszczeń i pozostałości kosmetyków. Za pomocą metalowego szablonu wyznaczono pola o wymiarach 4×4 cm. Pomiary kontrolne wykonano przed aplikacją preparatu. Następnie na wyznaczone pola nałożono około 0,1 g emulsji, pozostawiając ją na skórze przez 5 minut. Po upływie tego czasu skórę delikatnie osuszono czystym wacikiem kosmetycznym. Pomiary poziomu nawilżenia wykonano po 30, 60, 120 oraz 180 minutach od aplikacji.

Zmiany w poziomie nawilżenia obliczono według wzoru (Klimaszewska i in., 2016):

CHt = HCpt – Ht, gdzie:

CHt – zmiana (change) poziomu nawilżenia (hydration) skóry w czasie t;

Ht – średnie nawilżenie skóry po czasie t, dla fragmentu z badanym kosmetykiem;

HCpt – średnie nawilżenie skóry po czasie t dla punktu kontrolnego (control point).

3.2.6. Badanie zmiany transepidermalnej utraty wody (TEWL) po aplikacji emulsji kosmetycznej typu o/w

Badanie transepidermalnej utraty wody (TEWL) wykonano na tej samej grupie uczestniczek przy użyciu urządzenia Tewameter® TM 300. Na czystej i odtłuszczonej skórze przedramienia

wyznaczono pola o wymiarach 4×4 cm, używając metalowego szablonu. Następnie wykonano pomiary kontrolne TEWL.

Na wyznaczone pola aplikowano około 0,1 g emulsji, pozostawiając na 5 minut. Po usunięciu kosmetyku za pomocą czystego wacika kosmetycznego przeprowadzono pomiary TEWL po 30, 60, 120 oraz 180 minutach od aplikacji.

Zmiany poziomu TEWL obliczono według wzoru (Klimaszewska i in., 2016):

$\Delta\text{TEWL} = \Delta\text{TEWL}_{\text{tx}} - \Delta\text{TEWL}_{\text{p}}$, gdzie:

$\Delta\text{TEWL}_{\text{tx}}$ - transepidermalna utrata wody w obszarze badanym, po aplikacji kosmetyku, po x minutach od rozpoczęcia badania [g/h/m²];

$\Delta\text{TEWL}_{\text{p}}$ - początkowa transepidermalna utrata wody w obszarze badanym przed aplikacją kosmetyku, stanowiącym kontrolę [g/h/m²].

4. Wyniki i omówienie

4.1. Ocena właściwości użytkowych otrzymanych emulsji kosmetycznych typu O/W

4.1.1. pH

Bezpośrednio po sporządzeniu badane emulsje kosmetyczne charakteryzowały się wartością pH wynoszącą 4,2±0,3. Obniżony poziom pH mógł wynikać z dodatku nanosrebra oraz kolagenu, których pH wynosiło 3,3±0,2. Po regulacji wartości pH za pomocą roztworu 0,1 M NaOH, końcowe pH emulsji osiągnęło poziom 5,5±0,2.

4.1.2. Lepkość dynamiczna

Lepkość dynamiczna sporządzonych emulsji, mierzona przy prędkości obrotowej 100 rpm, wynosiła $12\ 300 \pm 200$ mPas. Analiza współczynnika lepkości wykazała brak istotnych różnic pomiędzy badanymi preparatami. Wszystkie emulsje zawierały identyczne ilości emulgatorów i olejów, a różnice w zastosowanych olejach roślinnych nie wpłynęły na zmianę wartości lepkości dynamicznej.

4.1.3. Ocena stabilności

Wszystkie badane emulsje kosmetyczne wykazywały stabilność i jednorodność w układzie O/W w całym okresie obserwacji. Nie zaobserwowano żadnych zmian po przeprowadzeniu zarówno testu temperaturowego, jak i testu wirówkowego.

4.2. Ocena wizualna

Wszystkie oceniane emulsje kosmetyczne były jednolite i miały przyjemny zapach charakterystyczny dla zastosowanych surowców. Preparaty odznaczały się konsystencją odpowiednią dla kremów nawilżających. W trakcie 30-dniowej obserwacji nie stwierdzono zmiany barwy emulsji ani rozwoju mikroorganizmów.

Zastosowanie nanosrebra w formulacjach kosmetycznych może stanowić skuteczną metodę zabezpieczenia preparatów przed rozwojem drobnoustrojów, pod warunkiem ich przechowywania w warunkach chłodniczych oraz użytkowania w krótkim czasie od sporządzenia. Jednakże pełne potwierdzenie skuteczności nanosrebra jako substancji konserwującej wymaga przeprowadzenia dalszych, bardziej szczegółowych badań.

4.3. Ocena sensoryczna

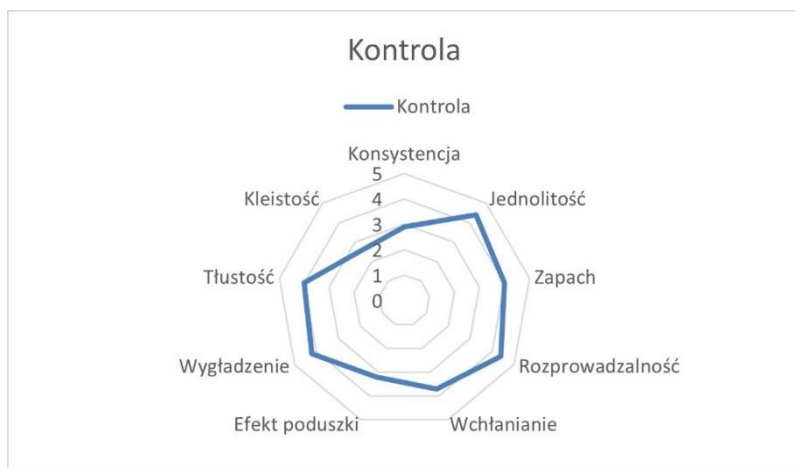
Ocena sensoryczna otrzymanych emulsji kosmetycznych wykazała zróżnicowanie wyników, zależne od rodzaju oraz ilości zastosowanego oleju roślinnego. Najwyższe średnie wartości w zakresie takich parametrów, jak: wygładzenie, tłustość, kleistość, konsystencja oraz jednolitość, odnotowano dla preparatu zawierającego olej z nasion bawełny w stężeniu 0,5% wag.

Najwyższe oceny dla efektu poduszki uzyskano zarówno dla emulsji z dodatkiem oleju z nasion bawełny (0,5% wag.), jak i oleju z nasion konopi siewnych (1% wag.). Najlepszy średni wynik w odniesieniu do rozprowadzalności uzyskano dla emulsji z olejem z nasion bawełny (1% wag.), natomiast najwyższą ocenę w zakresie wchłaniania odnotowano dla preparatu zawierającego olej z nasion konopi siewnych (1% wag.).

W zakresie oceny zapachu wartości punktowe były zbliżone dla wszystkich badanych emulsji. Najwyższe oceny uzyskano dla emulsji zawierających olej z owoców awokado (0,5% oraz 1% wag.) oraz olej z nasion bawełny (0,5% wag.), natomiast najniższą wartość punktową odnotowano dla emulsji z olejem z nasion konopi siewnych (1% wag.).

Na podstawie wyników przedstawionych w formie wykresów radarowych (Ryc. 1-4) stwierdzono, że najwyższą ocenę za zdolność do wygładzania skóry otrzymano dla emulsji zawierającej olej z nasion bawełny w stężeniu 0,5% wag.

Analiza kształtu profili sensorycznych wykazała, że emulsja z olejem z nasion bawełny (0,5% wag.) uzyskała najbardziej regularny kształt charakterystyczny dla tzw. „sieci pajęczej”, co wskazuje na najlepsze właściwości sensoryczne spośród badanych preparatów.

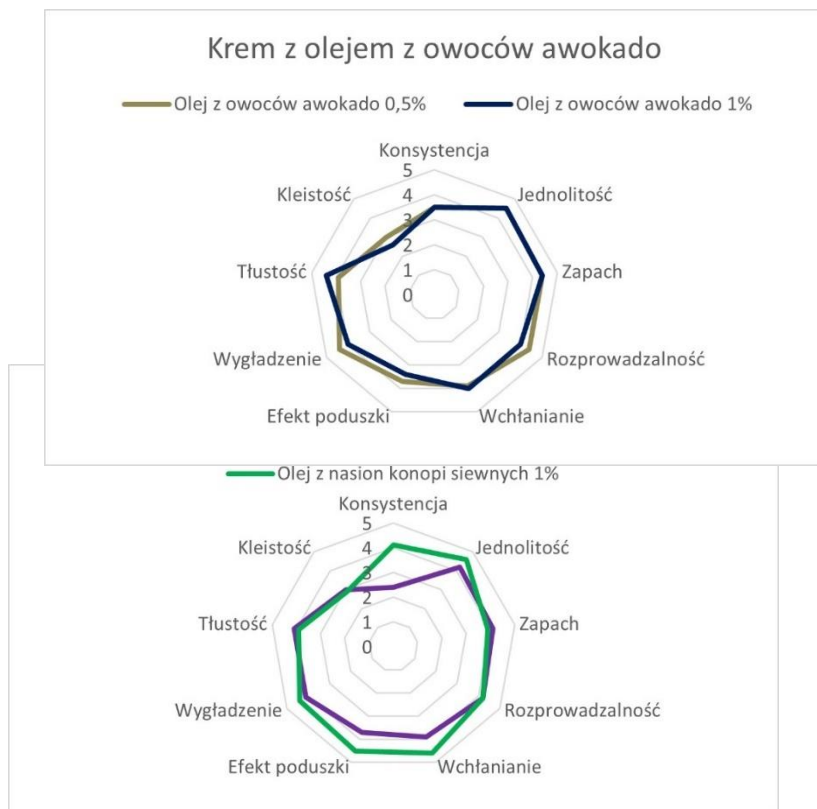


Rycina 1. Profil sensoryczny emulsji kosmetycznej - próba kontrolna (źródło: opracowanie własne)



Rycina 2. Profil sensoryczny emulsji kosmetycznej zawierającej olej z nasion bawełny (źródło: opracowanie własne)

Rycina 3. Profil sensoryczny emulsji kosmetycznej zawierającej olej z nasion konopi siewnych (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 4. Profil sensoryczny emulsji kosmetycznej zawierającej olej z owoców awokado (opracowanie własne)

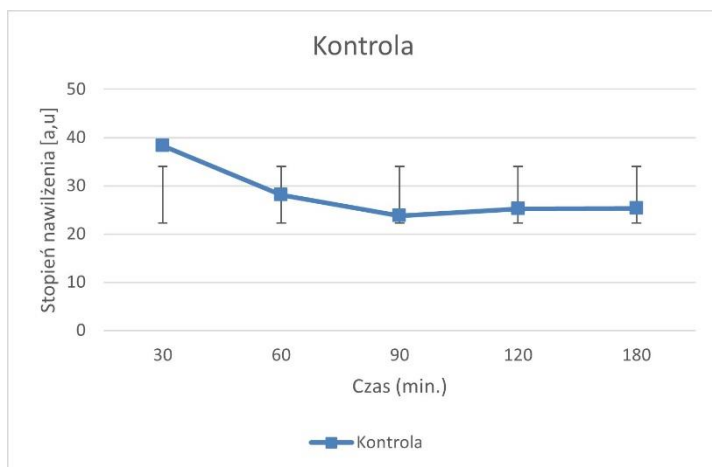
4.4. Zmiana stopnia nawilżenia skóry po aplikacji otrzymanych emulsji kosmetycznych typu O/W

Największą zmianę poziomu nawilżenia skóry, w porównaniu do obszaru kontrolnego, odnotowano po 30 minutach od aplikacji emulsji zawierającej olej z nasion bawełny w stężeniu 1% wag. oraz olej z nasion konopi siewnych w stężeniu 0,5% wag. Korzystny wzrost poziomu nawilżenia skóry zaobserwowano także po 3 godzinach od aplikacji dla wszystkich badanych emulsji.

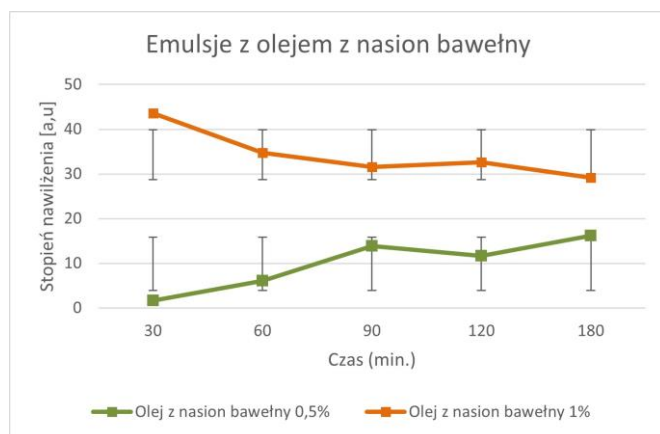
Najniższe wartości jednostek korneometrycznych odnotowano w przypadku emulsji zawierających olej z nasion bawełny (0,5% wag.) oraz olej z nasion konopi siewnych (1% wag.). W przypadku zastosowania emulsji z olejem z nasion bawełny (0,5% wag.) zaobserwowano stopniowy wzrost poziomu nawilżenia skóry w kolejnych przedziałach czasowych, bez tendencji spadkowej.

Najlepsze właściwości nawilżające spośród wszystkich badanych preparatów uzyskano po zastosowaniu emulsji zawierającej olej z nasion bawełny w stężeniu 1% wag. Bardzo dobre wyniki w zakresie poprawy nawilżenia skóry zaobserwowano również po aplikacji emulsji z dodatkiem oleju z owoców awokado zarówno w stężeniu 0,5%, jak i 1% wag.

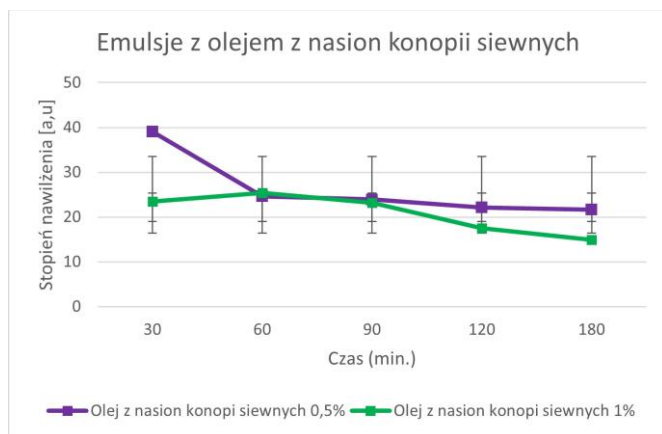
Analiza zmian poziomu nawilżenia skóry, przeprowadzona po 30, 60, 90, 120 oraz 180 minutach od aplikacji, wykazała ogólny wzrost nawilżenia skóry po zastosowaniu wszystkich emulsji z dodatkiem olejów roślinnych. Skala wzrostu nawilżenia była jednak uzależniona od rodzaju i stężenia użytego oleju dodatkowego w stosunku do surowców zawartych w emulsji kontrolnej (Ryc. 5-8).



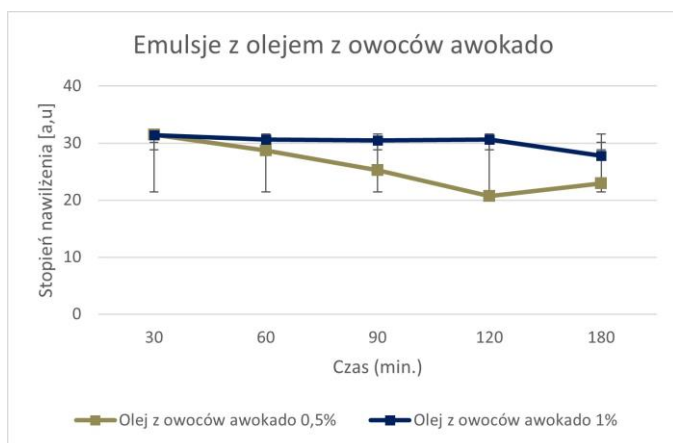
Rycina 5. Zmiana nawilżenia skóry [a.u.] po zastosowaniu emulsji kosmetycznej - próba kontrolna (źródło: opracowanie własne)



Rycina 6. Zmiana nawilżenia skóry [a.u.] po zastosowaniu emulsji kosmetycznej zawierającej olej z nasion bawełny (źródło: opracowanie własne)



Rycina 7. Zmiana nawilżenia skóry [a.u.] po zastosowaniu emulsji kosmetycznej zawierającej olej z nasion konopii siewnych (źródło: opracowanie własne)



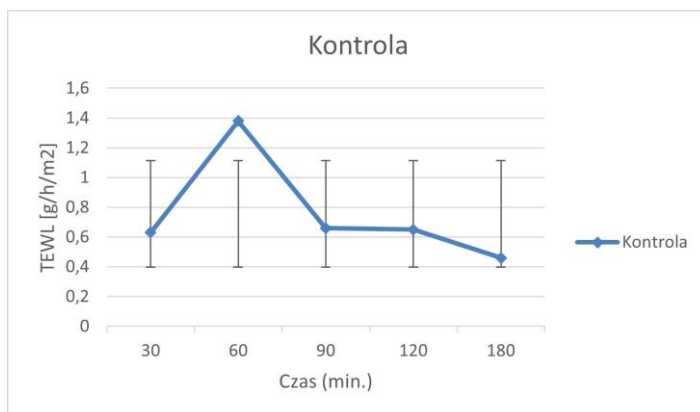
Rycina 8. Zmiana nawilżenia skóry [a.u.] po zastosowaniu emulsji kosmetycznej zawierającej olej z owoców awokado (źródło: opracowanie własne)

4.5. Zmiana transepidermalnej utraty wody (TEWL) po aplikacji otrzymanych emulsji kosmetycznych typu O/W

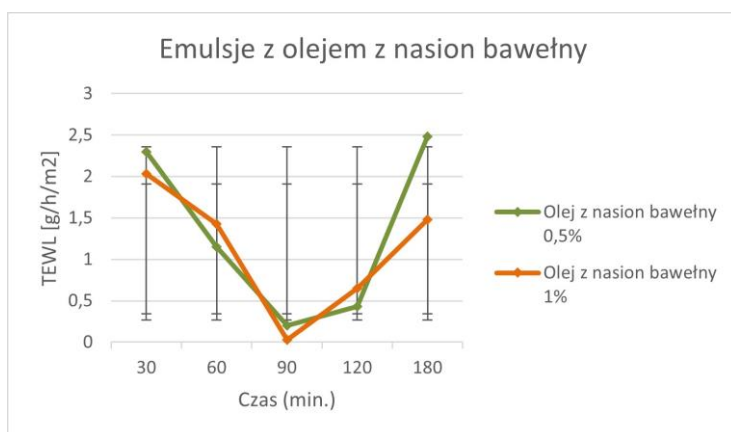
Wykazano, że najlepsze właściwości w zakresie zatrzymywania wody w naskórku wykazywały emulsje zawierające olej z nasion konopi siewnych oraz olej z nasion bawełny, zastosowane w recepturze w stężeniu 0,5% wag. (Rys. 9-12). Wyniki ujemne oznaczały brak transepidermalnej utraty wody na powierzchni skóry badanych osób.

Po aplikacji emulsji z dodatkiem oleju z nasion bawełny (0,5% wag.) zaobserwowano największą wartość transepidermalnej utraty wody, jednak otrzymane wyniki pozostawały w granicach charakterystycznych dla bardzo zdrowej skóry.

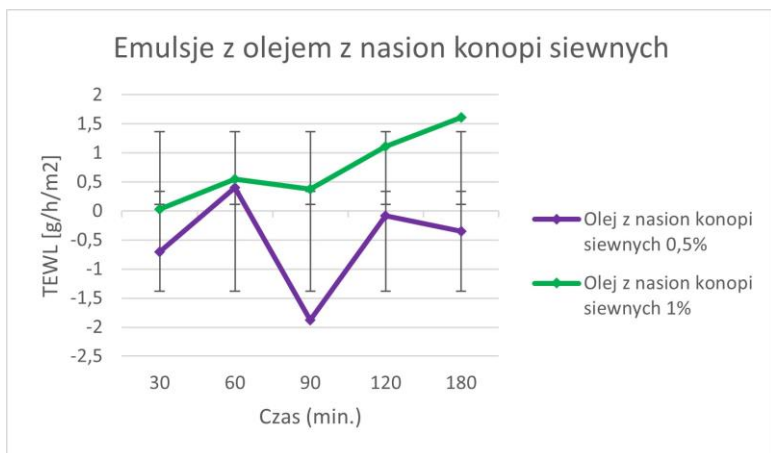
Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że emulsja z zawartością oleju z nasion konopi siewnych wykazywała najlepsze właściwości ochronne, skutecznie zapobiegając utracie wody przez naskórek, co potwierdzały uzyskane wartości ujemne. Aplikacja emulsji zawierających olej z nasion bawełny oraz olej z owoców awokado również przyczyniała się do utrzymania dobrej kondycji skóry dojrzałej.



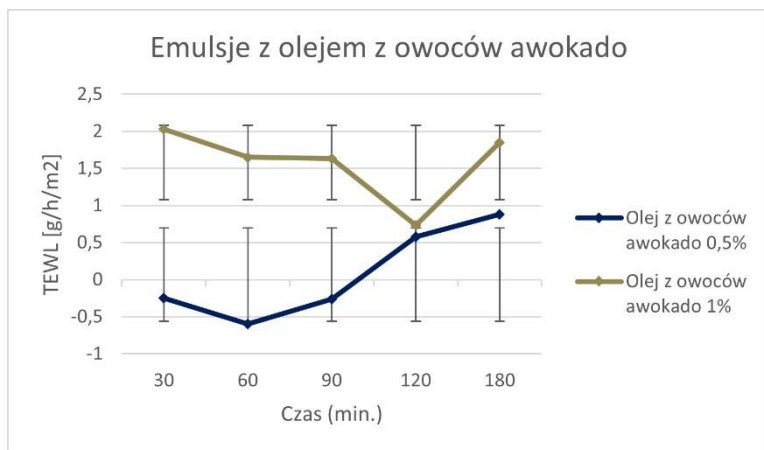
Rycina 9. Zmiana poziomu TEWL [g/h/m²] po aplikacji emulsji kosmetycznej - próba kontrolna w określonych przedziałach czasowych (źródło: opracowanie własne)



Rycina 10. Zmiana poziomu TEWL [g/h/m²] po aplikacji emulsji kosmetycznej zawierającej olej z nasion bawełny (źródło: opracowanie własne)



Rycina 11. Zmiana poziomu TEWL [g/h/m^2] po aplikacji emulsji kosmetycznej zawierającej olej z nasion konopi siewnych (źródło: opracowanie własne)



Rycina 12. Zmiana poziomu TEWL [g/h/m^2] po aplikacji emulsji kosmetycznej zawierającej olej z owoców awokado (źródło: opracowanie własne)

5. Dyskusja

Emulsje kosmetyczne należą do najczęściej stosowanych formułacji w przemyśle kosmetycznym. Zgodnie z piśmiennictwem naukowym (Radosz i in., 2018) dotyczącym kosmetyki ozdobnej i pielęgnacyjnej, wyróżnia się kilka typów emulsji, których dobór uzależniony jest od rodzaju cery oraz wieku użytkowników. Najbardziej rozpowszechnionymi formami są emulsje typu woda w oleju (W/O), wykazujące właściwości natłuszczające, oraz typu olej w wodzie (O/W), charakteryzujące się działaniem nawilżającym.

W ramach pracy opracowano siedem receptur emulsji typu O/W, w których zastosowano przewagę fazy wodnej (około 80%) w stosunku do fazy olejowej (około 20%). W fazie olejowej użyto wyłącznie olejów pochodzenia roślinnego: oleju z owoców awokado oraz olejów z nasion aronii, bawełny, dyni, konopi siewnych, lnu i malin. Faza wodna obejmowała wodę destylowaną, glicerynę, kolagen oraz nanosrebro.

Jak podają Kędzia i in. (Kędzia i in., 2014), olej z konopi siewnych wykazuje istotne właściwości przeciwdrobnoustrojowe w produktach kosmetycznych. W badaniach własnych, obejmujących ocenę wizualną i sensoryczną sporządzonych emulsji, nie stwierdzono żadnych negatywnych zmian w konsystencji czy zapachu preparatów, co sugeruje brak rozwoju mikroorganizmów. Nie zaobserwowano również obecności strzępków pleśni, najczęstszego typu zanieczyszczeń wtórnych pochodzących z powietrza. Zamiast klasycznych konserwantów do emulsji dodano nanosrebro, które ze względu na swoje właściwości

przeciwdrobnoustrojowe może skutecznie zabezpieczać produkt, jednak konieczne są dalsze szczegółowe badania mikrobiologiczne w tym zakresie.

Według Dąbrowskiej i in., kwasy tłuszczowe omega-3, omega-6 oraz omega-9, obecne w olejach roślinnych, odgrywają ważną rolę w poprawie nawilżenia skóry, ograniczeniu transepidermalnej utraty wody (TEWL) oraz regeneracji bariery naskórkowej (Dąbrowska i in., 2015). Uzyskane wyniki badań własnych potwierdzają te doniesienia: emulsje zawierające olej z nasion konopi siewnych wykazywały najlepsze właściwości w zakresie zmniejszenia TEWL, przyczyniając się do skuteczniejszego zatrzymywania wody w naskórku. Wszystkie badane emulsje utrzymywały wartości TEWL w zakresie typowym dla bardzo zdrowej skóry.

Lamer-Zalewska podkreśla także korzystne właściwości oleju z owoców awokado, który dzięki swoim cechom okluzyjnym skutecznie ogranicza utratę wody przez skórę. Olej ten jest szczególnie polecany do pielęgnacji skóry suchej, wrażliwej i dojrzałej. Wyniki badań własnych potwierdzają wysoką skuteczność oleju z awokado w poprawie nawilżenia skóry, szczególnie przy stężeniach 0,5% i 1% wag (Lamer-Zalewska, 2013).

Z kolei według Kaur i in. oraz Lamer-Zalawskiej, olej z nasion bawełny charakteryzuje się szybkim wchłanianiem, poprawą elastyczności naskórka, działaniem nawilżającym, odżywczym oraz przeciwalergicznym (Kaur i in., 2020; Lamer-Zalewska, 2013). Przeprowadzone badania własne wykazały, że emulsja zawierająca olej z nasion bawełny w stężeniu 1% wag. wykazywała bardzo dobre właściwości nawilżające, utrzymujące się przez cały okres badań, tj. do 3 godzin od aplikacji. Co więcej, preparaty z olejem z nasion bawełny były najwyżej oceniane przez probantów pod

względem efektu wygładzenia skóry, braku tłustości oraz braku kleistości.

Na podstawie analizy wyników oceny sensorycznej stwierdzono, że najwyższą zdolność wygładzania skóry zaobserwowano po aplikacji emulsji zawierającej olej z nasion bawełny w ilości 0,5% wag., natomiast najniższą wartość dla tego parametru przypisano emulsji z olejem z owoców awokado (1% wag.). Zastosowanie olejów roślinnych wpłynęło pozytywnie na wszystkie oceniane właściwości sensoryczne.

Dodatkowo oceniono właściwości użytkowe emulsji poprzez pomiar pH, lepkości oraz stabilności. Wszystkie emulsje zachowały stabilność przez cały okres badań. Po wyregulowaniu pH preparatów do wartości zbliżonych do fizjologicznego pH skóry, nie stwierdzono istotnych zmian tego parametru.

Podsumowując, uzyskane wyniki potwierdzają, że opracowane emulsje kosmetyczne typu O/W, zawierające wybrane oleje roślinne, spełniły założone cele pielęgnacyjne skóry dojrzałej, poprawiając jej nawilżenie, ograniczając TEWL oraz korzystnie wpływając na ocenę sensoryczną i właściwości użytkowe preparatów.

6. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformulowano następujące wnioski:

1. Wszystkie zastosowane oleje roślinne z: owoców awokado, nasion bawełny oraz konopi siewnych wykazały bardzo dobre właściwości nawilżające oraz zdolność ograniczania transepidermalnej utraty wody (TEWL). Mogą one znaleźć zastosowanie w pielęgnacji skóry dojrzałej, która często

charakteryzuje się obniżoną elastycznością, suchością oraz szorstkością naskórka.

2. Zastosowanie olejów roślinnych w opracowanych emulsjach typu O/W nie wpłynęło negatywnie na właściwości użytkowe kosmetyków, takie jak lepkość, pH oraz stabilność fizykochemiczna, co potwierdza ich przydatność w formulacjach kosmetycznych.
3. Mieszanki olejów roślinnych pozyskanych różnymi metodami nie zakłóciły procesu emulgacji, a otrzymane emulsje odznaczały się jednolitą strukturą i dobrą jakością fizykochemiczną.
4. Zastosowanie nanosrebra oraz oleju z nasion konopi siewnych w formulacjach może stanowić potencjalny system konserwujący, jednak zagadnienie to wymaga dalszych szczegółowych badań mikrobiologicznych w celu pełnego potwierdzenia skuteczności przeciwdrobnoustrojowej.
5. Otrzymane emulsje kosmetyczne, w których fazę tłuszczową stanowiły wyłącznie naturalne oleje roślinne, spełniły założone funkcje pielęgnacyjne i mogą być rekomendowane do stosowania w produktach przeznaczonych dla skóry dojrzałej.

7. Podsumowanie

W niniejszej pracy dokonano oceny wpływu emulsji typu olej w wodzie (O/W), zawierających oleje z owoców awokado, nasion bawełny oraz konopi siewnych, na właściwości barierowe skóry, w szczególności na poziom nawilżenia oraz transepidermalną utratę wody (TEWL). Opracowane emulsje, w których

zastosowano wyłącznie oleje roślinne jako fazę tłuszczową, wykazały korzystne właściwości pielęgnacyjne, odpowiadające potrzebom skóry dojrzałej.

Uzyskane wyniki badań potwierdziły wysoką skuteczność zastosowanych olejów w poprawie poziomu nawilżenia skóry oraz w ograniczeniu TEWL. Dodatkowo wykazano, że obecność oleju z nasion konopi siewnych oraz nanosrebra może wpływać na stabilność mikrobiologiczną emulsji, co otwiera nowe perspektywy w zakresie ograniczania stosowania tradycyjnych konserwantów.

Analiza właściwości fizykochemicznych, sensorycznych oraz użytkowych sporządzonych emulsji dowiodła, że formułacje te cechują się odpowiednią stabilnością, przyjemną aplikacją oraz dobrą akceptacją użytkowników. Wyniki badań wskazują na wysoką przydatność opracowanych emulsji kosmetycznych w pielęgnacji skóry suchej, wrażliwej oraz dojrzałej.

8. Literatura

Zielińska A., Nowak I., *Kwasy tłuszczowe w olejach roślinnych i ich znaczenie w kosmetyce*, Chemik, 68(2), 2014.

Śpiewak J., *Znaczenie kosmetyczne olejów roślinnych*, Wydział Farmaceutyczny Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2018.

Gąbka I., Dalmata W., Rzepa P., Hetman W., *Oleje roślinne – zastosowanie w pielęgnacji skóry*, [w:] Birma S.K., (red.) *ІНТЕГРАЦІЯ СВІТОБИХ НАУКОВИХ ПОЛІЦІВ ЯК ОСНОВА СУСПІЛЬНОГО ПРОГРЕСУ*, Instytut Innowacyjnej Edukacji, Kijów 2020, s. 173.

Bochniak M., *Quality of rapeseed oil, pressed in two stages after low-temperature bleaching process* (Doctoral dissertation, Department of Agricultural Engineering and Quality Analysis), Wrocław University of Economics and Business (WUEB), 2020.

Michalak M., Paradowska K., Zielińska A., *Możliwości wykorzystania w kosmologii wybranych olejów roślinnych jako źródła karotenoidów*, Postępy Fitoterapii, 19(1), 2018, s. 10-17.

Chmielewska M., Tys J., Petkowicz J., Petkowicz B., *Żywność-po pierwsze nie szkodzić (artykuł przeglądowy)*, Acta Agrophysica, 25(1), 2018.

La Nasa J., Zanaboni M., Uldanck D., Degano I., Modugno F., Kutzke H., Tveit E.S., Topalova-Casadiogo B., Colombini M.P., *Novel application of liquid chromatography/ mass spectrometry for the characterization of drying oils in art: elucidation on the composition of original paint materials used by Edvard Munch (1863–1944)*, Analytica Chimica Acta, 896, 2015, s. 177-189.

Miklaszewska M., *Substrate specificity of selected fatty acyl-CoA reductases and wax synthases* (Doctoral dissertation, Laboratory of Plant Biochemistry), Intercollegiate Faculty of Biotechnology University of Gdańsk, 2015.

Peer R. P., Burli A., Maibach H.I., *Unbearable transepidermal water loss (TEWL) experimental variability: why?*, Archives of Dermatological Research, 2021, s. 1-21.

Zgoda M.M., Stańczak A., Kolińska A., Nowak S., Marczyński Z., *Mydła alkaliczne. Cz. II. Skład recepturowy wybranych mydeł rdzennych i pediatrycznych stosowanych w pielęgnacji, a także w leczeniu wybranych schorzeń skóry*, Polish Journal of Cosmetology, 22(3), 2019.

Kędzia B., Wolski T., *Farmakoterapia skóry. Część 3. Nawilżanie skóry i naturalne środki nawilżające*, Postępy Fizjoterapii, 3, 2019.

Materac E., Marczyński Z., Bodek K.H., *Rola kwasów tłuszczowych omega-3 i omega-6 w organizmie człowieka*, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 46(2), 2013, s. 225-233.

Kolanowski W., *Funkcje i przemiany metaboliczne wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3 w organizmie człowieka*, Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, 46, 2013, s. 267-278.

Hooper L., Al-Khudairy L., Abdelhamid A.S., Rees K., Brainard J.S., Brown T.J., Ajabnoor S.M., O'Brien A.T., Winstanley L.E., Donaldson D.H., Song F., Deane K.H., *Omega-6 fats for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease*, Cochrane Database of Systematic Reviews, 7, 2018.

Schäfer N., Sobczyk M., Burczyk D., Balwierz R., Skotnicka-Graca U., *Możliwości zastosowania olejów roślinnych w pielęgnacji skóry trądzikowej*, Aesthetic Cosmetology and Medicine, 11(2), 2022, s. 49-54

Michalak M., Paradowska K., Zielińska A., *Możliwości wykorzystania w kosmologii wybranych olejów roślinnych jako źródła karotenoidów*, Postępy Fitoterapii, 19(1), 2018, s. 10-17.

Kilian-Pięta E., *Ciekłokrystaliczność głównego składnika emulsji kosmetycznej. Działanie regenerujące i nawilżające barierę hydrolipidową naskórka*, Kosmetologia Estetyczna, 2, 2019, s. 43-47.

Wroniak M., Cenker J., *Porównanie cech sensorycznych, fizyko-chemicznych i stabilności oksydacyjnej wybranych olejów tłoczonych na zimno*, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, (581), 2015.

Borges C., Chaves M., Duarte P., Mendonca C., *Avocado: characteristics, health and uses*, Ciencia Rural, 2016, s. 747-754.

Marwicka J., Makuch M., Niemyska K., *Właściwości oraz kosmetyczne zastosowanie oliwy z oliwek jako produktu bogatego w substancje biologicznie czynne*, Kosmetologia Estetyczna, 4(5), 2015, s. 417-421.

Riaz T., Iqbal M.W., Mahmood S., Yasmin I., Leghari A.A., Rehman A., Mushtaq A., Ali M., Azam M., Bilal M., *Cottonseed oil: A review of extraction techniques, physicochemical, functional, and nutritional properties*, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 63(9), 2023, s. 1219-1237.

Kumar M., Zhang B., Potkule J., Sharma K., Radha, Hano C., Sheri V., Chandran D., Dhumal S., Dey A., Rais N., Senapathy M., Natta S., Viswanathan S., Mohankumar P., Lorenzo J.M., *Cottonseed oil: extraction, characterization, health benefits, safety profile, and application*, Food Analytical Methods, 16(2), 2023, s. 266-280.

Porokhovinova E.A., Matveeva T.V., Khafizova G.V., Bemova V.D., Doubovskaya A.G., Kishlyan N.V., Podolnaya L.P., Gavrilova V.A., *Fatty acid composition of oil crops: genetics and genetic*

engineering, Genetic Resources and Crop Evolution, 69(6), 2022, s. 2029-2045.

Dąbrowski G., Skrajda M.N., *Lipid and protein fraction of hemp seed (C. sativa L.) and its beneficial influence on human health*, Journal of Education, Health and Sport, 6(9), 2016, s. 357-366.

Markowska J., Polak E., Drabent A., Żak A., *Konopie siewne Cannabis sativa L.—Odmiany, właściwości, zastosowanie*, ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość., 28, 2 (127), 2021, s. 90-105.

Caputa J., Nikiel-Loranc A., *Zastosowanie oleju konopnego w kosmologii*, Kosmetologia estetyczna, 4, 2019, s. 4613.

Zajac K., *Kosmetyki zawierające olej konopny a układ endokannabinoidowy skóry*, Wydział Farmaceutyczny Wydziału Jagiellońskiego, 2020.

Kępińska-Pacelik J., Biel W., *Właściwości prozdrowotne oleju konopnego*, Przemysł Spożywczy, 12, 2021, s. 27-32.

Kędzia A., Ziolkowska-Klinkosz M., Kochańska B., Gębska A., *Ocena aktywności olejku eterycznego z Cannabis sativa L. wobec bakterii beztlenowych (Evaluation of activity essential oil from Cannabis sativa L. against anaerobic bacteria)*, Borgis - Postępy Fitoterapii, 3, 2014, s. 136-140.

Katsuyama S., Mizoguchi H., Kuwahata H., Komatsu T., Nagaoka K., Nakamura H., Bagetta G., Sakurada T., Sakurada S., *Involvement of peripheral cannabinoid and opioid receptors in β -caryophyllene-induced antinociception*, European Journal of Pain, 17(5), 2013, s. 664-675.

Bartkowski L., *Nasiona lnu - naturalne źródło zdrowia i urody*, Chemik, 67(3), 2013, s. 186-191.

Michalak M., Paradowska K., Zielińska A., *Selected plant oils as a source of carotenoids for the applications in cosmetology*, Postępy Fitoterapii, 2017.

Kubat-Sikorska A., Stryjecka M., Kiełtyka-Dadasiewicz A., *Znaczenie karotenoidów w kosmetologii i ich naturalne źródła*, [w:] Kiełtyka-Dadasiewicz A. (red.), *Rośliny w nowoczesnej kosmetologii*, Wydawnictwo Akademickie Wyższej Szkoły Społeczno-Przyrodniczej, Lublin 2016, s. 25.

Borówka G., Krasodomski W., Semerjak G., Lubowicz J., Krzak M., *Technologie oczyszczania gliceryny technicznej*, Przemysł Chemiczny, 100(2), 2021, s. 163-167.

Klimczak P., *Zastosowanie kolagenu w kosmetologii*, Wydział Farmaceutyczny Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2020.

Langauer-Lewowicka H., Pawlas K., *Nanocząstki, nanotechnologia – potencjalne zagrożenia środowiskowe i zawodowe*, Medycyna Środowiskowa, 17, 2014, s. 2-9.

Igielska-Kalwat J., *Badania wpływu form kosmetycznych na biodostępność wybranych karotenoidów*, Wydział Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 2016.

Olejniak A., Gornowicz-Porowska J., Gościńska J., *Metody analityczne badania preparatów kosmetycznych: wczoraj i dziś*, Wiadomości Chemiczne, 76, 7-8, 2022, s. 607-633.

Cegłowska K., Turlewicz H., *Emulsje kosmetyczne - Metody badań - Określenie liczby zmydlenia wydzielonych substancji woskowo-tłuszczowych* BN-86/6140-01/11, Wydawnictwa Normalizacyjne, 2015.

Klimaszewska E., Małyś A., Zięba M., Wasilewski T., *Korelacje między zawartością regulatorów konsystencji a właściwościami fizykochemicznymi*

i użytkowymi maseczek pielęgnacyjnych zawierających ekstrakt z nasion jeżyny otrzymywany w warunkach nadkrytycznego dwutlenku węgla. [w:] Wasilewski T., Klimaszevska E. (red.) *Zastosowanie ekstraktów roślinnych pozyskiwanych w warunkach nadkrytycznego CO₂ w kosmetykach i produktach chemii gospodarczej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. K. Pułaskiego w Radomiu, Radom, 2016; s. 85-97.

Radosz A., Klasik-Ciszewska S., Duda-Grychtol K., *Cosmetic and therapeutic use of ornamental plants*, Medycyna Rodzinna, 1a, 2018, s. 65-71.

Dąbrowska M., Zielińska A., Nowak I., *Produkty utleniania lipidów jako potencjalny problem zdrowotny oraz analityczny*, Chemik, 69(2), 2015, s. 89-94.

Lamer-Zalewska E., *Rośliny w kosmetyce i kosmetologii przeciwnstarzeniowej*, PZWL Wydawnictwo Lekarskie, Warszawa 2013.

Kaur A., Singh T.G., Dhiman S., Arora S., Babbar R., *Novel herbs used in cosmetics for skin and hair care*, Plant Archives, 20/1, 2020, s. 3784-3793.

Źródła internetowe:

<https://www.zrobsobiekrem.pl>, data dostępu 08.06.2024.

<https://www.ulprospector.com>, data dostępu 08.06.2024.

Dymorfizm płciowy i starzenie się a parametry siły mięśniowej i składu ciała

Sexual dimorphism and aging in relation to muscle strength and body composition parameters

Renata Janiszewska¹, Mariola Mendrycka², Łukasz Wysieński³, Urszula Kosikowska⁴

¹ Katedra Kultury Fizycznej, Wydział Filologiczno – Pedagogiczny, Uniwersytet Radomski im. K. Pułaskiego w Radomiu

² Katedra Kosmetologii, Wydział Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Radomski im. K. Pułaskiego w Radomiu

³ Institute CENTER (Center for Ear, Nose, & Throat Evaluation & Research) MT5 Foundation, Warsaw, Department of Surgery, SPZOZ w Sokolowie Podlaskim

⁴ Katedra Mikrobiologii Farmaceutycznej z Pracownią Diagnostyki Mikrobiologicznej, Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Analityki Medycznej, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

Streszczenie

Wraz ze starzeniem się organizmu zachodzi szereg zmian inwolucyjnych, w tym zmiany w składzie ciała. U osób starszych obserwuje się niekorzystną proporcję między zawartością tkanki tłuszczowej a beztłuszczową masą ciała. Zmiany te dotyczą zarówno kobiet, jak i mężczyzn, jednak ich przebieg nie jest identyczny w obu płciach. Tkanka tłuszczowa wykazuje tendencję do systematycznego wzrostu wraz z wiekiem, podczas gdy masa mięśniowa, będąca głównym składnikiem beztłuszczowej masy ciała, wykazuje tendencję odwrotną, tj. stopniowy spadek nasilający się po 50. roku życia. Zmiany te mają negatywny wpływ na ogólną sprawność fizyczną oraz siłę mięśniową, której spadek najwcześniej widoczny jest w zakresie tzw. lokalnej wytrzymałości mięśniowej, a jego sygnałem jest osłabienie siły chwytu dłoni.

Celem przeprowadzonych badań była ocena zmian w składzie ciała oraz sile chwytu dłoni w kontekście ogólnej kondycji zdrowotnej populacji osób dorosłych.

Analizie poddano 584 osoby w wieku od 20 do 80 lat, zamieszkujące teren województwa mazowieckiego.

Uzyskane wyniki wykazały istotne różnice w budowie ciała i sile mięśniowej, zależne od wieku i płci badanych. W grupie młodszych kobiet (G1) średni wskaźnik masy ciała (BMI) wynosił $21,3 \text{ kg/m}^2$, a stosunek obwodu talii do obwodu bioder (WHR) - 0,75. W grupie starszych kobiet (G2) wartości te wynosiły odpowiednio $26,8 \text{ kg/m}^2$ i 0,87. Średnia siła chwytu prawej i lewej dłoni w grupach kobiecych wynosiła odpowiednio 92 N (G1) oraz 92,5 N (G2), przy czym wyższe wartości odnotowano u kobiet młodszych. W przypadku mężczyzn, w grupie młodszej (G3) BMI wynosił $24,5 \text{ kg/m}^2$, WHR - 0,80, natomiast w grupie starszej (G4) - odpowiednio $28,3 \text{ kg/m}^2$ i 0,88. Różnice w sile chwytu dłoni między grupami męskimi wynosiły 175 N dla prawej ręki oraz 185 N dla lewej ręki, na korzyść młodszych mężczyzn.

Zaobserwowano, że wraz z wiekiem dochodzi do wzrostu udziału tkanki tłuszczowej oraz obniżenia zawartości beztłuszczowej masy ciała, co negatywnie wpływa na siłę chwytu dłoni, a tym samym na ogólną sprawność fizyczną badanych.

Słowa kluczowe: dymorfizm płciowy, skład ciała, siła chwytu dłoni, stosunek talii do bioder (WHR), tkanka tłuszczowa, wskaźnik masy ciała (BMI)

Abstract

As the body ages, a number of involutional changes occur, including changes in body composition. An unfavorable proportion between the content of adipose tissue and lean body mass is observed in older people. These changes affect both women and men, but their course is not identical in both sexes. Adipose tissue tends to systematically increase with age, while muscle mass, which is the main component of lean body mass, shows the opposite trend, i.e. a gradual decrease that intensifies after the age of 50. These changes have a negative impact on general physical fitness and muscle strength, the earliest decrease of which is visible in the so-called local muscle endurance, and its signal is a weakening of hand grip strength.

The aim of the study was to assess changes in body composition and hand grip strength in the context of the general health condition of the adult population.

The analysis included 584 people aged 20 to 80, living in the Mazovian Voivodeship. The obtained results showed significant differences in body composition and muscle strength, depending on the age and sex of the subjects. In the group of younger women (G1), the average body mass index (BMI) was 21.3 kg/m^2 , and the waist-to-hip ratio (WHR) - 0.75. In the group of older women (G2), these values were 26.8 kg/m^2 and 0.87, respectively. The average grip strength of the right and left hand in the women's groups was 92 N (G1) and 92.5 N (G2), respectively, with higher values noted in younger women. In the case of men, in the younger group (G3), the BMI was 24.5 kg/m^2 , WHR - 0.80, while in the older group (G4) - 28.3 kg/m^2 and 0.88, respectively. The differences in hand grip strength between the male groups were 175 N for the right hand and 185 N for the left hand, in favor of the younger men.

It was observed that with age, the percentage of adipose tissue increases and the content of lean body mass decreases, which negatively affects the hand grip strength and thus the overall physical fitness of the subjects.

Keywords: sexual dimorphism, body composition, hand grip strength, waist-to-hip ratio (WHR), adipose tissue, body mass index (BMI)

1. Wstęp

Wraz z wiekiem w organizmie człowieka zachodzi szereg zmian fizjologicznych (Warzecha i in., 2020). Zmiany te obejmują stopniowe utrwalanie się niekorzystnych proporcji między zawartością tkanki tłuszczowej (BF - *body fat*) a beztłuszczową masą ciała (LBM - *lean body mass*), występujących zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn, choć z różnym nasileniem w zależności od płci (Koster i in., 2010). Proces starzenia się organizmu wiąże się ze wzrostem ilości tkanki tłuszczowej, zarówno podskórnej, jak i trzewnej (Staiano i Katzmarzyk, 2012), przy jednoczesnym zmniejszaniu się masy tkanek aktywnych, zwłaszcza mięśni szkieletowych (Goodpaster i in., 2006). U obu płci obserwuje się zmniejszenie zarówno liczby, jak i pola przekroju poprzecznego włókien mięśniowych, co skutkuje obniżeniem zdolności do generowania siły. Zmniejszenie to jest najszybciej uchwytne w ocenie siły kończyn górnych, w szczególności siły chwytu dłoni (Tyrovolas i in., 2016). Niska siła chwytu uznawana jest za wskaźnik niskiej aktywności fizycznej w starszym wieku, a także lepszy prognostyk niż sama masa mięśniowa (Ethgen i in., 2017).

Istotną rolę w ocenie zmian składu ciała odgrywa również wskaźnik masy ciała (BMI), którego wartość zwykle wzrasta wraz z wiekiem. BMI stanowi przydatne narzędzie do oceny nadwagi i otyłości, jak również do określenia ryzyka wystąpienia chorób układu krążenia, cukrzycy i innych schorzeń przewlekłych (Caballero, 2019; Mozaffarian, 2019; Piché i in., 2020). Uzupełniającym parametrem w tej ocenie jest stosunek obwodu talii do obwodu bioder (WHR – *waist-hip ratio*), który odzwierciedla rozmieszczenie tkanki tłuszczowej w organizmie i pozwala określić typ sylwetki

(Pasquali i Oriolo, 2019; Elffers i in., 2017; de Mendonça-Louzeiro i in., 2015).

Problem niekorzystnych zmian w parametrach składu ciała oraz siły chwytu dłoni wraz z wiekiem był wielokrotnie analizowany w piśmiennictwie naukowym. Badacze podejmowali ten temat przede wszystkim w celu wyjaśnienia mechanizmów i czynników mogących spowolnić proces starzenia się organizmu (Peniche i in., 2018; Mydlová i in., 2015; Jackson i in., 2012; St-Onge, M.P. i Gallagher, 2010; Steiber, 2016). Dotychczasowe badania potwierdzają, że tempo zmian degeneracyjnych wzrasta z wiekiem, a sam proces może przebiegać odmiennie w zależności od nawyków żywieniowych, poziomu aktywności fizycznej oraz czynników środowiskowych (Bektas, i in., 2018; Fiorito i in., 2019; Aragon i in., 2017).

Pomimo licznych opracowań w tym zakresie, zdecydowano się ponownie podjąć tę tematykę, uznając, że zmieniające się zasady żywienia, rosnąca świadomość społeczna w kontekście jakości spożywanej żywności, poprawa kondycji fizycznej oraz zmiany stylu życia mogą wpływać na wspomniane parametry w sposób, który warto ponownie przeanalizować.

2. Materiał i metody

W badaniu wzięło udział 584 ochotników (403 kobiety i 181 mężczyzn) w wieku od 20 do 81 lat, zamieszkujących województwo mazowieckie w Polsce, którzy wyrazili pisemną zgodę na udział w badaniu. Projekt został zatwierdzony przez Komisję Bioetyczną Uniwersytetu Medycznego w Lublinie (nr KE-0254/173/2018) i przeprowadzony zgodnie z Deklaracją

Helsińską. Wszystkie dane zebrano zgodnie z jednolitym protokołem badawczym zatwierdzonym przez Komisję Bioetyczną.

Rekrutacja uczestników odbywała się od lipca do października 2019 roku, za pośrednictwem lokalnych ogłoszeń zamieszczanych w placówkach ochrony zdrowia, prasie, instytucjach oraz mediach społecznościowych. Do badania kwalifikowano osoby spełniające kryteria włączenia, oceniane na podstawie wywiadu oraz wypełnionego kwestionariusza. Kryteriami włączenia były: wiek 18-85 lat, płeć żeńska lub męska, stałe zamieszkanie od urodzenia w małych miejscowościach (do 2000 mieszkańców). Kwalifikacja do udziału w badaniu była poprzedzona rutynowym badaniem lekarskim, podczas którego wykluczono widoczne nieprawidłowości oraz stany chorobowe wymagające leczenia farmakologicznego lub innego.

Kryteria wyłączenia obejmowały: osoby z wszczepionym kardiowerterem-defibrylatorem, stentem naczyniowym, implantami metalowymi, kobiety w ciąży, osoby chorujące na padaczkę, kobiety w trakcie menstruacji (w kontekście analizy składu ciała), osoby w trakcie leczenia chorób nowotworowych oraz przewlekłych, takich jak cukrzyca, nadciśnienie tętnicze, udar, przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP), choroby neurologiczne, a także osoby, które odmówiły lub zrezygnowały z udziału w badaniu.

Zakwalifikowani uczestnicy otrzymali pisemne zalecenia dotyczące przygotowania do badania, obejmujące: rezygnację z intensywnej aktywności fizycznej na 24 godziny przed badaniem, unikanie spożywania kawy i napojów energetyzujących w dniu badania, powstrzymanie się od jedzenia i picia na 2 godziny przed badaniem

oraz opróżnienie pęcherza moczowego 30 minut przed jego rozpoczęciem.

Badania przeprowadzano zawsze w tych samych godzinach - między 8:00 a 10:00 w pomieszczeniu o stałej temperaturze powietrza wynoszącej 22 ± 1 °C.

Wszyscy uczestnicy zostali podzieleni na cztery grupy (G1-G4), w zależności od płci i wieku. W populacji kobiet wyróżniono grupę G1 (N = 233), o średnim wieku 32,9 lat (zakres wieku: 20-59 lat) oraz grupę G2 (N = 170), o średnim wieku 69,4 lat (zakres wieku: 60-81 lat). Wśród mężczyzn wyodrębniono grupę G3 (N = 77), o średnim wieku 29,9 lat (zakres wieku: 20-58 lat) oraz grupę G4 (N = 104), o średnim wieku 71,1 lat (zakres wieku: 60-79 lat).

2.1. Analiza składu ciała

Analizę składu ciała przeprowadzono z wykorzystaniem wieloczęstotliwościowego, ośmioelektrodowego analizatora Jawon Medical IOI 353 (firma Multimedical, Białystok, Polska) oraz antropometru GPM, znanego również jako antropometr Martina (firma VITAKO Sp. z o.o., Warszawa, Polska) do pomiaru wzrostu ciała.

Ocenie poddano następujące parametry: masa ciała, beztłuszczowa masa ciała, masa tkanki tłuszczowej, wskaźnik masy ciała (BMI - *Body Mass Index*), procentowa zawartość tkanki tłuszczowej (% BF- *Percent of Body Fat*), masa tkanek miękkich beztłuszczowych (SLM - *Soft Lean Mass*), powierzchnia tłuszczu trzewnego (VFA - *Visceral Fat Area*), stosunek obwodu talii do obwodu bioder (WHR - *Waist-to-Hip Ratio*).

Przeprowadzono również analizę segmentalną, polegającą na ocenie rozkładu masy mięśniowej i tłuszczowej w poszczególnych

segmentach ciała: kończynach górnych, tułowi i kończynach dolnych. Segmentalna analiza obejmowała pomiary lewej i prawej kończyny górnej, lewej i prawej kończyny dolnej oraz tułowia, zarówno pod względem masy mięśniowej, jak i tkanki tłuszczowej. Dodatkowo określono podstawową przemianę materii (BMR - *Basal Metabolic Rate*).

Podczas pomiaru uczestnik badania stał boso na platformie urządzenia (z wbudowaną wagą), ubrany w lekką odzież. Stopy były umieszczane na wyznaczonych miejscach z czterema elektrodami, natomiast dłonie trzymały uchwyty z zamontowanymi czterema elektrodami (po dwie na każdą rękę). Po każdym badaniu platforma urządzenia była dezynfekowana.

2.2. Pomiar siły chwytu dłoni

Wskaźnikiem aktywności mięśniowej jest jakość mięśni, rozumiana jako siła mięśniowa przypadająca na jednostkę masy mięśniowej lub powierzchnię przekroju poprzecznego mięśnia (Bahat i in., 2014). W niniejszym badaniu oceniano siłę chwytu prawej i lewej dłoni za pomocą dynamometru ręcznego EH101 (firma KERN, Niemcy).

Pomiary przeprowadzano w pozycji stojącej, oddzielnie dla prawej i lewej ręki. Przed rozpoczęciem pomiaru każdemu uczestnikowi umożliwiono wykonanie próby zapoznawczej, mającej na celu oswojenie się z działaniem urządzenia pomiarowego. Właściwy pomiar polegał na maksymalnym ściśnięciu dźwigni dynamometru i utrzymaniu jej w tej pozycji przez kilka sekund.

2.3. Analiza statystyczna

Analizę statystyczną wyników badań przeprowadzono przy użyciu programu StatSoft STATISTICA 10 PL (StatSoft Polska). Dla każdego parametru i wskaźnika obliczono średnie arytmetyczne, odchylenia standardowe oraz wartości minimalne i maksymalne.

Rozkład zmiennych oceniano za pomocą testu Kołmogorowa-Smirnowa z poprawką Lillieforsa. Do oceny różnic pomiędzy wartościami w niezależnych próbach zastosowano test t-Studenta. Za istotny statystycznie przyjęto poziom istotności $p < 0,05$.

Zależności proporcjonalne pomiędzy zmiennymi oceniano przy użyciu współczynnika korelacji Pearsona (r).

3. Wyniki

Wyniki badania wykazały istotne różnice w składzie ciała oraz ocenianych parametrach w zależności od wieku i płci badanych (kobiet i mężczyzn) w różnych grupach wiekowych. Do analizowanych zmiennych wybrano wiek uczestników, cechy somatyczne (m.in. wzrost i masa ciała), a także parametry składające się na masę ciała, takie jak masa tłuszczowa i beztłuszczowa. Obliczono również wskaźniki BMI i WHR oraz określono wartość podstawowej przemiany materii (BMR).

3.1. Skład ciała kobiet w zależności od wieku

Wraz z procesem starzenia zaobserwowano zmiany w cechach somatycznych niekorzystne dla starszej grupy kobiet (G2) (Tabela 1). Stwierdzono istotne różnice we wzroście – młodsze kobiety (G1) były wyższe niż kobiety starsze (odpowiednio:

165,06 $\pm$ 4,86 cm vs. 162,39 $\pm$ 5,19 cm). Różnice wystąpiły również w zakresie masy ciała – kobiety starsze miały wyższą masę ciała w porównaniu z młodszymi (odpowiednio: 70,93 $\pm$ 11,56 kg – G2 vs. 57,65 $\pm$ 9,02 kg – G1).

Tabela 1. Zależność składu ciała kobiet od wieku w grupie młodszych (G1) i starszych (G2) uczestniczek badania

Zmienne	$\bar{x}$		Min.		Max.		SD $\pm$		Wyniki testu t-Studenta
	G1	G2	G1	G2	G1	G2	G1	G2	
Wiek	32.87	69.43	20.0	60	59	81	13.18	5.02	-34.35***
Wysokość ciała (cm)	165.06	162.39	157	148	180	176	4.86	5.19	4.82***
Masa ciała (kg)	57.65	70.93	42.1	48.8	93.9	95.7	9.02	11.56	-11.94***
LBM (kg)	43.28	46.65	28.9	34.8	68.1	59.7	4.93	6.09	-5.89***
BF (kg)	14.49	24.81	5.80	12.8	33.2	38.0	5.20	6.93	-15.15***
BF (%)	24.21	33.49	12.7	3.1	45.8	44	5.79	6.10	-15.47***
BMI (kg/m ²)	21.29	26.84	16.7	19.5	45.2	35.6	3.32	3.84	-15.43***
VFA	39.90	101.33	20	20	270	192	25.24	37.44	-19.53***
WHR	0.75	0.87	0.66	0.68	1.02	0.97	0.60	0.06	-20.41***
BF LA (kg)	0.92	1.16	0.35	0.26	3.62	2.47	0.38	0.44	-15.13***
BF RA (kg)	0.93	1.55	0.38	0.29	3.58	2.46	0.38	0.44	-15.04***
BF TRUNK (kg)	7.42	12.46	3.01	2.13	29.69	19.42	3.06	3.55	-15.15***
BF LL (kg)	2.59	4.34	0.9	0.68	10.37	6.98	1.07	1.25	-15.06***
BF RL (kg)	2.61	4.37	1.06	0.73	10.43	6.76	1.07	1.25	-15.07***
SLM LA (kg)	2.58	2.79	1.75	2.01	4.36	3.80	0.32	0.42	-5.71***
SLM RA (kg)	2.27	2.77	1.64	1.99	4.37	3.80	0.32	0.41	-5.56***

SLM TRUNK (kg)		20.32	21.15	13.29	16.36	29.47	25.84	2.04	2.38	-3.74***
SLM (kg)	LL	7.35	7.97	5.04	5.74	12.35	11.59	0.91	1.22	-5.85***
SLM (kg)	RL	7.26	7.92	4.780	5.71	12.20	10.46	0.89	1.16	-6.41***
BMR (kcal)		1223	1083	911	938	1426	1222	75.46	67.79	19.12***

Legenda: Grupa kobiet G1 (N = 233, średni wiek 32,9 lat); grupa kobiet G2 (N = 170, średni wiek 69,4 lat); **LBM** - beztłuszczowa masa ciała (lean body mass); **BF** - masa tkanki tłuszczowej (body fat); **%BF** - procentowa zawartość tkanki tłuszczowej (percentage of body fat); **BMI** - wskaźnik masy ciała (body mass index); **VFA** - powierzchnia tłuszczu trzewnego (visceral fat area); **WHR** - stosunek obwodu talii do obwodu bioder (waist-to-hip ratio); **BF LA** - masa tkanki tłuszczowej w lewej kończynie górnej (body fat – left arm); **BF RA** – masa tkanki tłuszczowej w prawej kończynie górnej (body fat – right arm); **BF TRUNK** - masa tkanki tłuszczowej w tułowie (body fat - trunk); **BF LL** - masa tkanki tłuszczowej w lewej kończynie dolnej (body fat - left leg); **BF RL** - masa tkanki tłuszczowej w prawej kończynie dolnej (body fat - right leg); **SLM LA** - masa beztłuszczowej tkanki miękkiej lewej kończyny górnej (soft lean mass - left arm); **SLM RA** – masa beztłuszczowej tkanki miękkiej prawej kończyny górnej (soft lean mass - right arm); **SLM TRUNK** - masa beztłuszczowej tkanki miękkiej tułowia (soft lean mass - trunk); **SLM LL** - masa beztłuszczowej tkanki miękkiej lewej kończyny dolnej (soft lean mass - left leg); **SLM RL** - masa beztłuszczowej tkanki miękkiej prawej kończyny dolnej (soft lean mass - right leg); **BMR** - podstawowa przemiana materii (basal

metabolic rate); **SD** - odchylenie standardowe (standard deviation);
* $p > 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,001$

Zaobserwowano rosnącą tendencję średniej zawartości masy tkanki tłuszczowej (BF) wraz z wiekiem. Stwierdzono istotną różnicę pomiędzy grupą G1 ($14,49 \pm 5,20$ kg) a grupą G2 ($24,81 \pm 6,93$ kg), przy wysokim poziomie istotności statystycznej ($p < 0,001$). Podobną, również statystycznie istotną zależność ($p < 0,001$) odnotowano w przypadku procentowej zawartości tkanki tłuszczowej (%BF) oraz powierzchni tłuszczu trzewnego (VFA).

Wartości wskaźnika BMI w grupie młodszych kobiet G1 ($21,29 \pm 3,32$ kg/m²) mieściły się w zakresie normy, natomiast w grupie starszych kobiet G2 ($26,84 \pm 3,84$ kg/m²) wskazywały na nadwagę lub otyłość. Wraz z wiekiem zaobserwowano również istotny statystycznie ($p < 0,001$) wzrost wartości WHR.

Zaobserwowane zmiany korelowały z wynikami analizy segmentalnej, wskazując na istotne różnice w zawartości tkanki tłuszczowej w kończynach górnych, tułowie i kończynach dolnych w zależności od wieku. Największa różnica wystąpiła w obrębie tułowia i wynosiła 5,04 kg ($7,42 \pm 3,06$ kg – G1 vs. $12,46 \pm 3,55$ kg – G2, $p < 0,001$).

Ocena zmian związanych z wiekiem w zakresie beztłuszczowej masy ciała (LBM) wykazała wyższe wartości we wszystkich segmentach ciała (kończyny górne, tułów, kończyny dolne) u kobiet starszych, co wynikało bezpośrednio z większej masy ciała w tej grupie. Różnica ta nie przekładała się jednak na większą siłę mięśniową.

3.2. Siła chwytu dłoni w grupach kobiet

Z danych przedstawionych w Tabeli 2 wynika, że różnice w sile chwytu prawej i lewej dłoni pomiędzy młodszymi a starszymi kobietami były statystycznie istotne ($p < 0,001$). Różnica pomiędzy grupami G1 i G2 wyniosła 92 N dla prawej dłoni (331,2 N vs. 239,2 N) oraz 92,5 N dla lewej dłoni (323,8 N vs. 231,3 N), na korzyść młodszych uczestniczek badania.

Tabela 2. Zmiany siły chwytu dłoni w zależności od wieku kobiet

Zmienne	$\bar{x}$		Min.		Max.		SD $\pm$		Wyniki testu t-Studenta
	G1	G2	G1	G2	G1	G2	G1	G2	
Wiek	32.87	69.43	20.0	60	59	81	13.18	5.02	-34.35***
Siła RHG (N)	331.24	239.17	160	120	439	367	52.81	49.24	17.70***
Siła LHG (N)	323.84	231.28	158	121	435	343	56.08	45.10	17.67***

Legenda: Grupa kobiet G1 (N = 233, średni wiek: 32,9 lat); grupa kobiet G2 (N = 170, średni wiek: 69,4 lat); **Siła LHG** - siła chwytu lewej dłoni (left hand grip); **Siła RHG** - siła chwytu prawej dłoni (right hand grip); **SD** - odchylenie standardowe (standard deviation); * $p > 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,001$

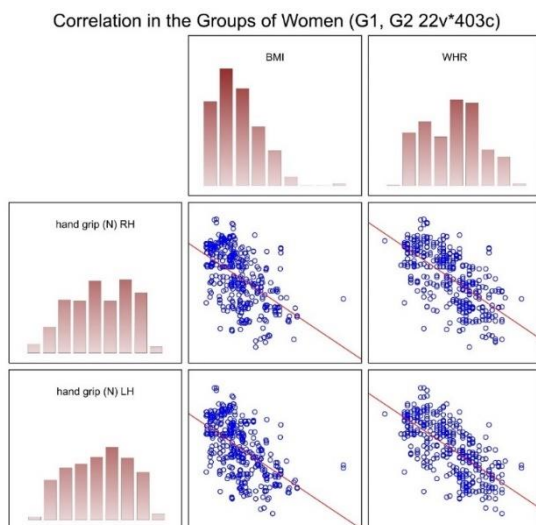
3.3. Zależność pomiędzy wskaźnikami budowy ciała (BMI, WHR) a siłą chwytu dłoni w grupach młodszych i starszych kobiet

Współczynnik korelacji pomiędzy siłą chwytu dłoni a wiekiem kobiet wykazał silną odwrotną zależność między tymi zmiennymi. współczynniki korelacji pomiędzy wiekiem a siłą chwytu prawej i lewej ręki wynosiły odpowiednio $r = -0,74$ oraz $r = -0,76$ (Ryc. 2).

Istotna odwrotna proporcjonalność została również zaobserwowana pomiędzy siłą chwytu (prawej: $r = -0,45$; lewej: $r = -0,47$) a masą ciała. Jeszcze silniejsze ujemne korelacje odnotowano między siłą chwytu a zawartością tkanki tłuszczowej dla ręki prawej $r = -0,54$, a dla lewej $r = -0,55$. Tendencja ta była jeszcze wyraźniejsza w odniesieniu do zawartości tłuszczu trzewnego, gdzie współczynniki korelacji wyniosły: $r = -0,61$ dla prawej i $r = -0,62$ dla lewej dłoni.

Siła chwytu korelowała również ujemnie z wartością BMI ($r = -0,55$ dla prawej i $r = -0,67$ dla lewej ręki), jednak korelacje te nie osiągnęły poziomu istotności statystycznej ($p < 0,05$). Wskaźnik WHR również wykazywał ujemną korelację z siłą chwytu $r = -0,65$ dla ręki prawej oraz $r = -0,66$ dla ręki lewej (Ryc. 1).

Podsumowując, u kobiet wzrost otluszczenia organizmu wiązał się ze spadkiem siły mięśniowej kończyn górnych.



Rycina 1. Zależność pomiędzy wskaźnikami budowy ciała (BMI, WHR) a siłą chwytu dłoni w grupie młodszych (G1) i starszych (G2) kobiet

Legenda: **Hand grip (N) RH** - siła chwytu prawej dłoni (right hand grip); **Hand grip (N) LH** - siła chwytu lewej dłoni (left hand grip); **BMI** - wskaźnik masy ciała (body mass index); **WHR** - stosunek obwodu talii do obwodu bioder (waist-to-hip ratio); **G1** - grupa kobiet (N = 233, średni wiek: 32,9 lat); **G2** - grupa kobiet (N = 170, średni wiek: 69,4 lat)

3.3. Skład ciała mężczyzn w zależności od wieku

Na podstawie analizy wyników uzyskanych w grupie młodszych (G3) i starszych (G4) mężczyzn (Tabela 3) stwierdzono istotne różnice w cechach somatycznych. Wzrost ciała był istotnie większy w grupie G3 i wynosił średnio $178,31 \pm 8,16$ cm, natomiast w grupie G4 - $172,88 \pm 6,28$ cm. W przypadku masy ciała wyższe wartości odnotowano u starszych mężczyzn (G4: $83,76 \pm 10,80$ kg) w porównaniu z młodszymi (G3: $77,89 \pm 15,55$ kg).

Niewielkie różnice odnotowano w zakresie beztłuszczowej masy ciała (LBM), które były nieznacznie wyższe u mężczyzn młodszych ($62,14 \pm 11,16$ kg vs. $59,92 \pm 5,99$ kg; $p > 0,1$), co może wskazywać na stopniowy spadek masy mięśniowej wraz z wiekiem.

Natomiast zawartość tkanki tłuszczowej, zarówno w kilogramach, jak i procentowo była istotnie wyższa w grupie starszych mężczyzn. Wartości BF wynosiły: $15,75 \pm 6,57$ kg w grupie G3 i $23,85 \pm 7,71$ kg w grupie G4, natomiast %BF odpowiednio

19,92 ± 6,19% (G3) i 33,65 ± 31,55% (G4), przy czym różnice te były istotne statystycznie ($p < 0,001$).

Wskaźnik BMI mieścił się w normie w grupie G3 (24,51 ± 3,66 kg/m²), natomiast w grupie G4 wskazywał na nadwagę (28,34 ± 2,33 kg/m²), z istotnością statystyczną na poziomie $p < 0,001$. Również różnice we wskaźniku WHR pomiędzy grupami G3 i G4 były istotne statystycznie (0,82 ± 0,07 vs. 0,88 ± 0,39; $p < 0,001$).

Wiekowe różnice w zakresie masy beztłuszczowej kończyn górnych (lewej i prawej ręki) były niewielkie i statystycznie nieistotne, podobnie jak w kończynach dolnych.

Analiza segmentalna rozmieszczenia tkanki tłuszczowej wykazała istotne statystycznie ($p < 0,001$) różnice związane z wiekiem zarówno w obrębie kończyn, jak i tułowia. Największą różnicę pomiędzy grupami G3 (8,05 ± 3,35 kg) i G4 (12,34 ± 6,03 kg) odnotowano w zawartości tkanki tłuszczowej w obrębie tułowia.

Tabela 3. Zależność składu ciała mężczyzn od wieku w grupie młodszej (G3) i starszej (G4)

Zmienne	$\bar{x}$		Min		Max		±SD		Wyniki testu t-Studenta
	G3	G4	G3	G4	G3	G4	G3	G4	
Wiek	29.88	71.13	20.00	60.00	58.00	79.00	9.96	5.08	-36.35***
Wysokość ciała (cm)	178.31	172.88	165.00	160.00	198.00	189.00	8.16	6.28	5.07***
Masa ciała (kg)	77.89	83.76	53.90	63.20	108.20	98.70	15.55	10.80	-2.99***
LBM (kg)	62.14	59.92	43.40	49.50	83.80	80.50	11.16	5.99	1.73*
BF (kg)	15.75	23.85	2.50	10.30	35.30	34.90	6.57	7.71	-7.43***
BF (%)	19.92	33.65	4.20	13.90	32.60	211.10	6.19	31.55	-3.76***
BMI (kg/m ²)	24.51	28.34	18.60	23.40	35.20	32.30	3.66	2.33	-8.55***
VFA (cm ²)	73.05	102.92	25.00	73.00	207.00	178.00	31.57	17.51	-8.11***
WHR	0.82	0.88	0.65	0.83	1.04	1.01	0.07	0.39	-6.67***

BF LA (kg)	1.04	1.585	0.15	0.66	2.28	2.13	0.43	0.39	-8.90***
BF RA (kg)	1.03	1.558	0.15	0.64	2.31	2.18	0.43	0.39	-8.46***
BF TRUNK (kg)	8.05	12.34	1.30	1.69	18.05	25.21	3.35	6.03	-5.62***
BF LL (kg)	2.81	4.19	0.45	1.82	6.37	5.93	1.18	1.09	-8.07***
BF RL (kg)	2.82	4.18	0.45	1.84	6.29	6.04	1.17	1.07	-8.05***
SLM LA (kg)	3.73	3.62	2.55	2.83	5.41	5.43	0.72	0.68	1.04*
SLM RA (kg)	3.731	3.62	2.60	2.710	5.44	5.51	0.74	0.71	1.05*
SLM TRUNK (kg)	29.08	27.25	21.11	16.70	38.47	35.96	4.83	4.25	2.68**
SLM LL (kg)	10.56	10.23	6.940	5.33	15.01	14.38	2.06	1.68	1.14*
SLM RL (kg)	10.52	10.23	7.010	5.52	14.96	14.41	2.07	1.71	1.02*
BMR (kcal)	1627	1311	1248	1090	2011	1693	203.6	161.7	11.63***

Legenda: Grupa mężczyzn G3 (N = 77, średni wiek: 29,9 lat); grupa mężczyzn G4 (N = 104, średni wiek: 71,1 lat); *p > 0,1; **p < 0,05; ***p < 0,001

3.4. Siła chwytu dłoni w grupach mężczyzn

Zaprezentowane wyniki w Tabeli 4 wykazały, że, siła chwytu była większa w grupie młodszych mężczyzn (G3) niż w grupie starszych (G4). Różnica dla prawej ręki wyniosła 175 N (537,5 N vs. 362,5 N), a dla lewej – 185 N (527,6 N vs. 342,9 N), przy czym różnice te były istotne statystycznie (p < 0,05).

Tabela 4. Zmiany siły chwytu dłoni w zależności od wieku mężczyzn

Zmienne	$\bar{x}$		Min		Max		$\pm$ SD		Wyniki testu t-Studenta
	G3	G4	G3	G4	G3	G4	G3	G4	
Wiek	29.88	71.13	20.00	60.00	58.00	79.00	9.96	5.08	-36.35***

Sila RHG (N)	537.46	362.45	307.00	218.00	632.00	539.00	86.34	107.6	11.74***
Sila LHG (N)	527.62	342.97	246.00	194.00	643.00	595.00	96.62	112.3	11.59***

Legenda: Grupa mężczyzn G3 (N = 77, średni wiek: 29,9 lat); grupa mężczyzn G4 (N = 104, średni wiek: 71,1 lat); **Siła LHG** - siła chwytu lewej dłoni (left hand grip); **Siła RHG** - siła chwytu prawej dłoni (right hand grip); **SD** - odchylenie standardowe (standard deviation); * $p > 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,001$

3.5. Zależność pomiędzy wskaźnikami budowy ciała (BMI, WHR) a siłą chwytu dłoni w grupach młodszych i starszych mężczyzn

Współczynniki korelacji pomiędzy siłą chwytu a wiekiem były istotne statystycznie ($p < 0,05$) i wykazywały odwrotną proporcjonalność. W przypadku prawej ręki wartość r wynosiła $-0,62$, a dla lewej $-0,63$ (Ryc. 2).

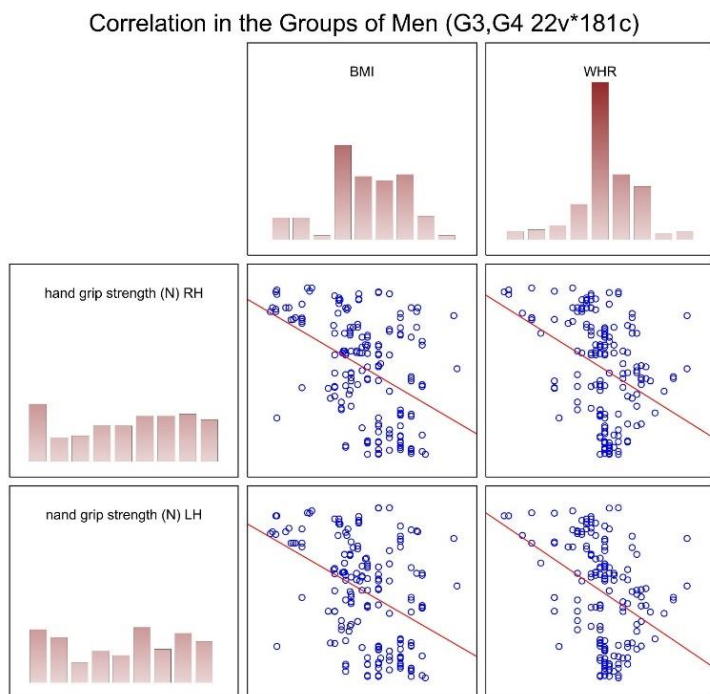
Nie stwierdzono istotnych statystycznie korelacji pomiędzy siłą chwytu a masą ciała ($r = -0,22$ dla prawej i $r = -0,27$ dla lewej ręki).

Istotne statystycznie ($p < 0,05$) i odwrotnie proporcjonalne korelacje wystąpiły natomiast pomiędzy siłą chwytu a zawartością tkanki tłuszczowej: $r = -0,45$ dla prawej oraz $r = -0,44$ dla lewej dłoni.

Zbliżone wartości współczynników korelacji uzyskano dla zależności pomiędzy siłą chwytu a wskaźnikiem BMI ($r = -0,44$ dla prawej i $r = -0,43$ dla lewej dłoni), jak również pomiędzy siłą chwytu a wskaźnikiem WHR ($r = -0,36$ dla prawej i $r = -0,39$ dla lewej dłoni).

Odwrotnie proporcjonalne zależności pomiędzy siłą chwytu a masą tkanki tłuszczowej były także widoczne w analizie segmentalnej, jednak miały charakter przeciętny statystycznie.

Zależność pomiędzy siłą chwytu a beztłuszczową masą ciała (LBM) nie była statystycznie istotna ($p > 0,5$).



Rycina 2. Zależność pomiędzy wskaźnikami budowy ciała (BMI, WHR) a siłą chwytu dłoni w grupie młodszych (G3) i starszych (G4) mężczyzn

Legenda: **Hand grip strenght (N) RH** - siła chwytu prawej dłoni (right hand grip); **Hand grip strenght (N) LH** - siła chwytu lewej dłoni (left hand grip); **BMI** - wskaźnik masy ciała (body mass

index); **WHR** - stosunek obwodu talii do obwodu bioder (waist-to-hip ratio); **G3** - grupa mężczyzn (N = 77, średni wiek: 29,9 lat); **G4** - grupa mężczyzn (N = 104, średni wiek: 71,1 lat).

4. Dyskusja

Wartości wskaźników BMI i WHR wzrastały wraz z wiekiem zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn. Główną przyczyną tej tendencji był wzrost udziału tkanki tłuszczowej podskórnej i trzewnej (VFA) w całkowitej masie ciała, co prowadziło do niewielkiego spadku beztłuszczowej masy ciała. Uzyskane wyniki wskazują na związane z wiekiem wzrost otluszczenia organizmu i gromadzenie się tkanki tłuszczowej w okolicy brzucha, co było szczególnie charakterystyczne dla mężczyzn. Większa zawartość tkanki tłuszczowej oraz jej lokalizacja w okolicy brzusznej u mężczyzn może przyczyniać się do obniżenia ogólnej siły organizmu, w tym także siły miejscowej, reprezentowanej przez siłę chwytu dłoni. Jest to zgodne z wynikami innych autorów. Badania Kuk i wsp., St-Onge i Gallagher oraz Steiber wykazały niekorzystne, zależne od wieku zmiany w składzie ciała, a ich konsekwencje zdrowotne obejmują stały wzrost procentowego udziału tkanki tłuszczowej, zwłaszcza w rejonie brzuszny (Kuk i in., 2009; St-Onge i Gallagher, 2010; Steiber, 2016).

Wskazano również, że niewystarczająca aktywność fizyczna i nieprawidłowe nawyki żywieniowe prowadzą do wzrostu wartości BMI i WHR, a tym samym zwiększają ryzyko zaburzeń zdrowotnych (Kim i in., 2018; Zając-Gawlak i in., 2017). Na te czynniki ryzyka dodatkowo wpływa obniżona przemiana materii u osób starszych (Silver i in., 2013). Wyższe wartości WHR mogą również

świadczyć o zmianie typu rozmieszczenia tkanki tłuszczowej z kobiecego (gynoidalnego) na męski (androidalny) (Spalding i in., 2017).

Zgodnie z uzyskanymi wynikami siła chwytu dłoni była wyższa u mężczyzn niż u kobiet, zarówno w grupach młodszych, jak i starszych. Różnice w jakości mięśni między kobietami i mężczyznami, wynikające m.in. ze zmian właściwości kurczliwych włókien mięśniowych, opisali Martin i wsp. (Martin i in., 2015). Stwierdzono, że włókna mięśniowe tego samego typu były silniejsze u młodych niż u starszych mężczyzn (Hyun i in., 2017). Natomiast u starszych mężczyzn włókna typu I i IIa miały większą siłę niż u starszych kobiet, co prawdopodobnie wiąże się ze zmianami hormonalnymi zachodzącymi wraz z wiekiem (Wilson i in., 2012).

Według tych autorów, spadek masy mięśni szkieletowych rozpoczyna się około 30. roku życia i do 50. roku życia ma charakter łagodny - około 5% na dekadę. Po 50. roku życia proces ten przyspiesza, masa mięśniowa zmniejsza się o około 6% na dekadę, a po 80. roku życia ulega redukcji nawet o 25% (Janssen, 2010; Janssen, 2000).

W przeprowadzonym badaniu wykazano, że wzrost masy ciała u kobiet wraz z wiekiem obejmował zarówno komponent tłuszczowy (FM, VFA, BMI, WHR), jak i beztłuszczową masę ciała (LBM, SLM). Największą różnicę odnotowano w rozmieszczeniu tkanki tłuszczowej w obrębie tułowia, co jednak nie miało wpływu na siłę mięśni. W grupie kobiet starszych siła ta była istotnie niższa niż w grupie młodszej. Podobne wyniki uzyskali Mendes i wsp. (Mendes i in., 2017).

Badania Gába i Přidalová, prowadzone wśród kobiet w wieku 18-89 lat, wykazały stały wzrost masy ciała wraz z wiekiem,

wynikający z odkładania się tkanki tłuszczowej podskórnej i trzewnej, przy jednoczesnym niewielkim spadku beztłuszczowej masy ciała (Gába i Přidalová, 2014).

W badaniu własnym wykazano również, że zależny od wieku przyrost masy ciała u mężczyzn, głównie w wyniku zwiększenia komponentu tłuszczowego, był istotny statystycznie ($p < 0,001$). Podobnie jak u kobiet, największe różnice w rozmieszczeniu tkanki tłuszczowej u mężczyzn dotyczyły tułowia. Choć różnice w zawartości LBM w całkowitej masie ciała nie były statystycznie istotne, to miały one wpływ na istotne obniżenie siły mięśniowej u starszych mężczyzn (test t-Studenta = 1,73; $p > 0,1$).

Siła mięśni, będąca zmienną zależną od wieku, płci oraz stanu odżywienia, wpływa zatem pośrednio na sprawność fizyczną i ogólny stan zdrowia jednostki (Bo-Young i in., 2017).

Wyniki badania wskazują na istotny spadek sprawności po 60. roku życia. Spadek ten był wyraźniejszy u kobiet niż u mężczyzn, co jest zgodne z wynikami Doherty'ego (Doherty, 2003). Podobne obserwacje poczynili Budziarek i wsp., którzy oceniali siłę chwytu u zdrowych osób dorosłych w wieku 18-90 lat. Wykazali oni, że sprawność fizyczna znacząco spada u osób powyżej 60. roku życia, szczególnie u kobiet (Budziarek i in., 2008).

W analizie oceniono współczynniki korelacji między siłą chwytu a wiekiem oraz pomiędzy komponentami tłuszczowymi i beztłuszczową masą ciała. Wyniki wykazały, że siła mięśni spada wraz z wiekiem i wzrostem otluszczenia organizmu u obu płci, o czym świadczą wysokie wartości ujemnych współczynników korelacji. U kobiet odnotowano większy spadek siły chwytu obu rąk wraz z wiekiem niż u mężczyzn. W obu płciach siła lewej dłoni spadała szybciej niż prawej.

Związane z wiekiem zmiany inwolucyjne, wynikające m.in. ze zmniejszenia stężenia estrogenów i androgenów, miały niekorzystny wpływ na skład ciała. Prowadziły one do utrzymującego się wzrostu udziału tkanki tłuszczowej i spadku beztłuszczowej masy ciała, w tym przede wszystkim tkanki mięśniowej. Wyniki te potwierdzają obserwacje Dey i wsp. (Dey i in., 2009), którzy wykazali, że postępujący spadek beztłuszczowej masy ciała oraz siły chwytu u osób starszych negatywnie wpływa na utrzymanie sprawności funkcjonalnej w procesie starzenia.

Podobne wyniki uzyskali Makizako i wsp., badając zmiany składu ciała i sprawności fizycznej związane z wiekiem w Japonii (Makizako i in., 2017). Peniche i wsp. omówili geograficzne różnice w składzie ciała i kondycji fizycznej osób starszych z dwóch regionów Meksyku. Autorzy ci wykazali, że kobiety i mężczyźni z północno-zachodniego Meksyku, zarówno indywidualnie, jak i jako grupa, ważyli więcej i byli wyżsi ($p \leq 0,0001$) niż ich rówieśnicy z centralnej części kraju. Mieli również istotnie wyższe wartości BMI. Pomimo pewnych ograniczeń badania (m.in. wiek ≥ 60 lat oraz obecność chorób przewlekłych), autorzy podkreślili potrzebę regionalizacji danych dotyczących składu ciała i powiązanych wskaźników (Peniche i in., 2018).

Płeć i wiek odgrywają istotną rolę w kształtowaniu się składu ciała człowieka. Zarówno wyniki własne, jak i dane literaturowe (**Tabela 5**) wskazują, że wiele parametrów somatycznych zależy częściowo od pochodzenia, kraju i regionu geograficznego (Peniche i in., 2018; Ulbrich i in., 2018; Dinas i in., 2018; Miazgowski i in., 2017; Swainson i in., 2017; Ramírez-Vélez i in., 2017; Guan i in., 2016; Chang i in., 2016; Singh i in., 2015; Wyka i in., 2010;

Rahman i in., 2010; Rech i in., 2008; Hughes i in., 2004; Chan i in., 2003; Jin i in., 2015).

Tabela 5. Wybrane zmienne antropometryczne mężczyzn i kobiet z różnych regionów geograficznych świata - wpływ płci i wieku jako istotnych czynników różnicujących skład ciała i siłę chwytu dłoni

Kraj	Płeć	Zmienne									Literatura
		Liczba osób (n)	Wiek, lata	Wysokość ciała, (cm)	Masa ciała, (kg)	BMI, (kg/m ²)	BF, (kg)	BF, (%)	WHR	WC, (cm)	
^a Polska	K	233	32.87±13.18	165.06±4.9	57.65±9.02	21.29±3.32	14.49±5.20	24.21±5.79	0.75±0.60	No data	Badania własne
	M	77	29.88±9.96	178.31±8.2	77.89±15.55	24.51±3.66	15.57±6.75	19.92±6.19	0.82±0.07	No data	
^a Polska	K	170	69.41±5.02	162.39±5.19	70.93±11.56	26.84±3.84	24.81±6.93	33.49±6.10	0.87±0.06	No data	Badania własne
	M	104	71.13±5.08	172.88±6.28	83.76±10.80	28.34±2.33	23.85±7.71	33.65±31.55	0.88±0.39	No data	
^b Szwajcaria	K	52	39.6±12.2	167.6±5.6	60.2± 6.7	21.4±2.0	13.2±4.6	21.5±5.4	0.8±0.1	70.8±5.6	Ulbrich i in. 2018
	M	52	39.4±11.4	181.3±7.7	74.8±8.1	22.7±1.7	10.3±4.3	13.5±4.7	0.9±0.1	83.2±5.8	
^c Meksyk Północno-Zachodni	K	142	71.2±6.6	154±6.0	68.6±12.5	28.7±5.0	29.9±8.1	No data	No data	94.9±12.0	Peniche i in. 2018
	M	75	72.7±7.3	168±0.0	77.1±12.2	27.0±3.5	24.7±7.1	No data	No data	99.1±10.9	
^c Centrum Meksyku	K	158	68.1±5.5	151±0.0	62.6±9.8	27.3±4.1	26.1±6.6	No data	No data	98.8±10.5	Peniche i in. 2018
	M	55	70.4±6.7	163±0.0	68.9±7.9	25.6±2.4	18.8±4.7	No data	No data	94.5±6.9	
^d Grecja	M	32	36.06±7.36	No data	No data	27.60±4.62	52.90±5.02	28.32±8.87	No data	No data	Dinas i in. 2018
^e Polska	K	214	27.95±2.59	165.34±5.8	61.23±8.11	22.33±2.40	19.77±5.37	32.15±5.53	0.80±0.07	76.28±7.7	Mi-azgows

	M	207	25.04±3.06	181.80±6.98	81.03±11.17	24.46±2.65	19.20±7.06	24.16 ± 6.55	0.92±0.07	87.35±9.07	ki i in. 2017
^l Wielka Brytania	K	40	36.3±14.5	No data	No data	24.8±4.4	No data	34.0±7.8	0.80±0.07	78.7±13.0	Swainson i in. 2017
	M	41	40.5±2.0	No data	No data	26.2±4.1	No data	25.5±8.4	0.91±0.07	88.8±12.3	
^s Kolumbia	K	1070	20.6±2.0	172.5±6.7	69.9±12.4	23.2±3.7	No data	27.0±7.2	No data	71.5±7.9	Ramírez-Vélez i in. 2017
		617	20.6±2.2	159.8±6.1	58.9±10.0	23.2±3.7	No data	15.7±6.7	No data	78.4±9.5	
	M										
^h Chiny	K	2617	50.2±9.8	156.02±6.0	57.78±9.46	23.71±3.51	No data	No data	0.61±0.08	77.75±8.85	Guan i in. 2016
	M	2361	53.2±10.9	166.34±6.3	65.38±9.83	23.61±3.24	No data	No data	0.69±0.08	80.35±8.79	
^{h**} Chiny	K	3598	55.7±10.1	155.32±6.1	62.01±10.21	25.70±3.73	No data	No data	0.64±0.07	83.82±9.55	Guan i in. 2016
	M	2992	55.3±10.7	166.48±6.4	71.12±11.40	25.61±3.51	No data	No data	0.73±0.09	86.48±9.63	
^r Tajwan	K	7521	68.5±2.7	No data	No data	24.5±3.6	No data	No data	No data	80.1±8.9	Chang i in. 2016
		1573	77.8±2.6	No data	No data	24.0±3.7	No data	No data	No data	82.1±9.6	
		81	86.8±2.0	No data	No data	23.5±4.0	No data	No data	No data	83.5±9.1	
	M	7648	68.7±2.8	No data	No data	23.8±3.1	No data	No data	No data	85.1±9.1	
		1963	77.8±2.5	No data	No data	23.2±3.2	No data	No data	No data	84.9±9.6	
		121	87.0±2.2	No data	No data	22.8±3.2	No data	No data	No data	84.6±10.1	
^l Indie Północne		448	38.8±10.7	No data	60.33±10.94	25.09±4.54	18.99±7.80	30.22±7.55	No data	No data	Singh i in. 2015
^l Indie Południowe	K	347	41.9±10.5	No data	62.04±11.69	26.09±4.60	20.34±7.85	31.43±7.52	No data	No data	

^j Indie Zachodnie		145	42.3±9.1	No data	62.24±10.54	26.13±4.28	20.67±7.82	31.85±7.0	No data	No data	
^k Polska	K	150	<60	157.2±6.5	67.3±12.2	27.1±4.4	No data	No data	No data	91.0±11.8	Wyka i in. 2010
	M	70	<60	170.1±6.0	77.8±12.5	26.2±3.5	No data	No data	No data	100.4±10.5	
^l Bangladesz	K	188	60-80	148.6± 6.4	46.7±10.3	21.1±4.4	No data	No data	0.83±0.05	72.2±12.8	Rah- man i in. 2010
	M	129	60-80	158.8±7.1	54.2±10.7	21.8±3.5	No data	No data	0.92±0.02	80.4±10.5	
^m Brazylia	K	120	60-81	154.5±5.7	65.6±11.1	27.4±3.9	No data	37.3±6.9	No data	No data	Rech i in. 2008
	M	60	60-81	167.2±7.4	74.2±10.6	26.5±2.7	No data	23.1±5.8	No data	No data	
ⁿ USA	K	75	60.1±7.8	162.2±5.6	65.0±11.1	24.7±3.7	22.4±8.4	33.5±7.6	0.79±0.05	No data	Hughes i in. 2004
	M	54	60.6± 7.8	175.5±5.9	77.2±8.1	25.1±2.6	18.5±6.0	23.8±6.4	0.93±0.05	No data	
^o Australia	M	59	44-49	No data	99±16	31.4±5.1	38.2±12.7	No data	1.01 (1.00 – 1.04)	107 (106 – 113)	Chan i in. 2003
^p Korea	K	90	26.3± 6.3	162.2±5.4	60.9±12.2	23.3±4.9	No data	No data	No data	No data	Jin i in. 2015

Legenda: **K** - kobieta; **M** – mężczyzna; **BMI** - wskaźnik masy ciała; **BF** - masa tkanki tłuszczowej; **%BF** - procentowa zawartość tkanki tłuszczowej; **WHR** - stosunek obwodu talii do obwodu bioder; **WC** - obwód talii; No data – brak danych

Uwagi: Kraj/prowincja, miasto lub region

^a Polska / woj. mazowieckie – W badaniu wzięły udział zdrowe osoby nieuprawiające sportu, mieszkające poza dużymi miastami, bez specjalnych diet ani specyficznych nawyków żywieniowych.

^b Szwajcaria / Zurych

^c Meksyk / Hermosillo, Sonora (północno-zachodni Meksyk) oraz gmina Querétaro (Meksyk centralny)

^d Grecja / Trikala, Tesalia

^e Polska / woj. zachodniopomorskie – Wszyscy uczestnicy byli mieszkańcami dużego miasta w północno-zachodniej Polsce – Szczecina

^f Wielka Brytania / Headingley, Leeds; Middlesbrough

^g Kolumbia / Bogota, Boyacá i Cali

^{h*} Chiny / Prowincja Liaoning, północno-wschodnie Chiny – grupa kontrolna bez licznych czynników ryzyka metabolicznego

^{h**} Chiny / Prowincja Liaoning, północno-wschodnie Chiny – grupa z wieloma czynnikami ryzyka metabolicznego: nadciśnienie, podwyższony poziom glukozy na czczo, cholesterol całkowity, spożywanie alkoholu i palenie tytoniu

ⁱ Tajwan / Republika Chińska, Kaohsiung, Taoyuan

^j Indie /

Strefa północna: Delhi, Uttar Pradesh, Uttarakhand, Pendżab i Haryana

Strefa południowa: Karnataka, Tamil Nadu, Kerala i Andhra Pradesh

Strefa zachodnia: Maharashtra i Rajasthan

^k Polska / woj. dolnośląskie – Badaniami objęto seniorów z Wrocławia; oceniano wpływ żywienia na zdrowie

^l Bangladesz / dzielnice Nakhal Para, Badda i Mirpur w mieście Dhaka

^m Brazylia / Florianópolis, stan Santa Catarina, południowa Brazylia

ⁿ USA – Badano wpływ czynników metabolicznych i aktywności fizycznej na zmiany w składzie ciała u osób starszych przez okres 10 lat

^o Australia / Australia Zachodnia, Perth – Badani byli wolno żyjącymi, niepalącymi mężczyznami rasy kaukaskiej, spożywającymi dietę utrzymującą masę ciała przez 4 tygodnie (ad libitum)

^p Korea – Badano rozmieszczenie tkanki tłuszczowej u kobiet z zespołem policystycznych jajników i bez niego oraz powiązanie tych rozmieszczeń z parametrami metabolicznymi i profilami hormonalnymi

Zjawisko to zostało opisane m.in. w regionach Trikali i Tesalii (Grecja), województwie zachodniopomorskim (Polska) (Miazgowski i in., 2017), w Headingley, Leeds i Middlesbrough (Wielka Brytania) (Swainson i in., 2017), Kaohsiung i Taoyuan (Tajwan) (Chang i in., 2016), a także w dzielnicach Nakhla Para, Badda i Mirpur miasta Dhaka (Bangladesz) (Rahman i in., 2010).

Liczne badania potwierdzają, że płeć i wiek mają istotny wpływ na oceniane w niniejszym badaniu parametry, ale także wskazują, że temat ten jest aktualny i dynamiczny. Potrzeba kontynuowania takich badań jest tym bardziej uzasadniona, że żyjemy w świecie zmieniających się trendów żywieniowych i zasad dbania o zdrowie oraz kondycję człowieka. Wskazani autorzy podkreślają, że jedynie odpowiednie podejście, higieniczne zasady żywienia i troska o sprawność fizyczną umożliwiają społeczeństwu zachowanie dobrej formy (Ulbrich i in., 2018; Dinas i in., 2018; Miazgowski i in., 2017; Swainson i in., 2017; Ramírez-Vélez i in., 2017; Guan i in., 2016; Chang i in., 2016; Singh i in., 2015; Wyka i in., 2010; Rahman i in., 2010; Rech i in., 2008; Hughes i in., 2004; Chan i in., 2003; Jin i in., 2015).

Ponadto, różnice w sile chwytu dłoni w zależności od czynników socjodemograficznych, stylu życia i stanu zdrowia zestawiono w Tabeli 6 (Cooper i in., 2014; Ling i in., 2010; Volaklis i in., 2016; Nurul Shahida i in., 2015; Dodds i in., 2014).

Tabela 6. Zależność siły chwytu dłoni od wybranych parametrów antropometrycznych (BMI, %BF, WHR, obwód talii) u kobiet i mężczyzn w różnym wieku z różnych regionów geograficznych świata

Kraj	Płeć	Liczba osób (n)	Wiek, lata	Wysokość ciała, (cm)	Masa ciała, (kg)	BMI, (kg/m ²)	Siła ścisku dłoni dominującej, (kg)	Siła ścisku dłoni nie-dominującej, (kg)	Literatura
^a Polska	K	233	32.87±13.18	165.06±4.90	57.65±9.02	21.29±3.32	33.12±5.28	32.38±5.61	Badania własne
	M	77	29.88±9.96	178.31±8.20	77.89±15.55	24.51±3.66	53.75±8.63	52.76±9.66	
^a Polska	K	170	69.41±5.02	162.39±5.19	70.93±11.56	26.84±3.84	23.92±4.92	23.13±4.51	Badania własne
	M	104	71.13±5.08	172.88±6.28	83.76±10.80	28.34±2.33	36.25±10.76	34.30±11.23	
^b Anglia, Szkocja i Walia	K	1376	53.00±0.0	161.60±5.90	No data	27.50±5.50	27.90±7.90	No data	Cooper i in. 2014
	M	1327	53.00±0.0	174.70±6.60	No data	27.40±4.00	47.80±12.20	No data	
^c Niderlandy, Leiden	K	347	85.00±0.0	156.00±6.00	67.70±12.70	27.70±4.80	18.70 ±5.50	No data	Ling i in. 2010
	M	183	85.00±0.0	168.00±6.00	74.10±11.90	26.10±3.70	30.60± 8.20	No data	
^c Niderlandy, Leiden	K	215	89.00±0.0	155.00±6.00	65.50 ±12.60	27.40±4.70	16.40 ±5.00	No data	
	M	92	89.00±0.0	167.00±6.00	71.10 ±11.90	25.50±3.80	25.60±7.80	No data	
^d Niemcy, Augsburg	K i M	712	77.10 ± 6.40	163.20 ± 9.40	76.80 ± 14.30	28.80 ± 4.50	25.30 ± 9.80	No data	Volaklis i in. 2016
	K	No data	No data	No data	No data	No data	19.70± 5.50	No data	
	M	No data	No data	No data	No data	No data	33.20± 8.20	No data	
^d Niemcy, Augsburg	K i M	354	73.80 ± 6.40	165.40 ± 9.20	76.30±13.10	27.80 ± 4.00	28.90 ± 9.00	No data	Nurul i in. 2015
^e Malezja, Petaling Jaya	K	56	66.98±5.16	No data	60.80±12.20	No data	15.94±5.80	No data	
	M	56	66.88±5.35	No data	63.00± 17.00	No data	27.16±6.90	No data	Dodds i in. 2014
^f Wielka Brytania	K	1785	35.00±0.0	No data	No data	No data	31.30±6.20	No data	
	M	1380	35.00±0.0	No data	No data	No data	51.60±10.10	No data	
	K	3473	70.00±0.0	No data	No data	No data	23.50±5.70	No data	
	M	3286	70.00±0.0	No data	No data	No data	39.10±8.10	No data	

K	1632	85.00±00	No data	No data	No data	16.60±4.70	No data
M	1134	85.00±00	No data	No data	No data	28.50±7.00	No data

Legenda: **K** - kobieta; **M** - mężczyzna; **BMI** – wskaźnik masy ciała (Body Mass Index)

Uwagi: **Kraj / Prowincja, Miasto lub Region**

- ^a Polska / woj. mazowieckie - W badaniu wzięły udział zdrowe osoby z Polski, nieuprawiające sportu, mieszkające poza dużymi miastami, niemające specjalnych diet ani specyficznych nawyków żywieniowych.
- ^b Anglia, Szkocja i Walia - Badano siłę chwytu dłoni oraz podstawowe parametry antropometryczne ochotników w wieku 53 lat w zależności od czynników socjodemograficznych, stylu życia i stanu zdrowia.
- ^c Niderlandy, Leiden - Badania przeprowadzono wśród 85-letnich ochotników, niezależnie od istniejących chorób i uzależnień; po 4 latach przeprowadzono ponowne pomiary w tej samej grupie.
- ^d Niemcy, Augsburg - Uczestnikami badania były osoby ze zdiagnozowanymi co najmniej dwoma chorobami przewlekłymi.
- ^{d*} Niemcy, Augsburg - Uczestnikami były osoby niecierpiące na choroby przewlekłe.
- ^e Malezja, Petaling Jaya - Miasto położone w stanie Selangor. Do badania zakwalifikowano osoby, które nie mieszkają w domach opieki i nie mają niekontrolowanych chorób sercowo-naczyniowych, ortopedycznych, płucnych, neurologicznych ani zaburzeń poznawczych.
- ^f Wielka Brytania - Badanie objęło 49 964 uczestników z 12 populacyjnych badań przekrojowych przeprowadzonych w latach 1990–2012, w grupach wiekowych od 4 do ponad 90 lat.

Wnioski te mają istotne znaczenie dla działań w zakresie edukacji zdrowotnej, które powinny koncentrować się na zwiększaniu świadomości zagrożeń zdrowotnych wynikających z niskiej aktywności fizycznej i nieprawidłowych nawyków żywieniowych, szczególnie u osób starszych. Brak zachowań prozdrowotnych często prowadzi do nadwagi, otyłości i chorób metabolicznych. Jest to szczególnie ważna informacja dla osób w różnym wieku i z różnych regionów świata. Co więcej, stanowi to element motywujący w promocji zdrowia i zachętę do zmiany stylu życia u samych uczestników badań.

5. Wnioski

Przeprowadzone analizy potwierdziły istnienie istotnych różnic związanych z wiekiem i płcią w zakresie wybranych parametrów i wskaźników obrazujących stan zdrowia oraz kondycję organizmu. Uzyskane wyniki, choć zbliżone do wcześniej opublikowanych danych z innych części świata, odnoszą się do populacji osób mieszkających poza dużymi miastami, w środowisku naturalnym w Polsce.

Stwierdzono, że zmiany w składzie ciała, przejawiające się stopniowym wzrostem udziału tkanki tłuszczowej i spadkiem beztłuszczowej masy ciała, wpływają na osłabienie siły mięśniowej, w tym siły chwytu dłoni. Niska siła chwytu może być parametrem charakterystycznym dla osób starszych o ograniczonej aktywności fizycznej.

Wyniki sugerują, że podejmowanie regularnej aktywności fizycznej, stymulującej pracę mięśni, może korzystnie wpływać na skład ciała oraz wydolność mięśniową. Działania tego typu mogą

opóźniać zmiany inwolucyjne towarzyszące procesowi starzenia się organizmu.

Ocena różnic w składzie ciała i sile chwytu dłoni między kobietami a mężczyznami w różnych grupach wiekowych może stanowić wartościowe źródło danych do dalszych badań porównawczych oraz analiz metaanalitycznych, szczególnie w kontekście specyfiki geograficznej populacji.

6. Literatura

Warzecha, M., Amarowicz, J., Berwecka, M., Czerwiński, E. & Kumorek, A. Relation between risk of falls, sarcopenia and parameters assessing quality of skeletal muscles in a group of postmenopausal women. *Prz. Menopauz.* 19(3), 123-129 (2020). doi: 10.5114/pm.2020.99617.

Koster, A., Stenholm, S., Alley, D. E., Kim, L. J., Simonsick, E. M., Kanaya, A. M. et al. Health ABC study. Body fat distribution and inflammation among obese older adults with and without metabolic syndrome. *Obesity (Silver Spring)* 18(12), 2354-2361 (2010). doi:10.1093/gerona/gle070.

Staiano, A. E. & Katzmarzyk, P. T. Ethnic and sex differences in body fat and visceral and subcutaneous adiposity in children and adolescents. *Int. J. Obes.* 36(10), 1261-1269 (2012). doi: 10.1038/ijo.2012.95.

Goodpaster, B. H., Park, S. W., Harris, T. B., Kritchevsky, S. B., Nevitt, M., Schwartz, A. V. et al. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 61(10), 1059-1064 (2006). doi.org/10.1093/gerona/61.10.1059.

Tyrovolas, S., Haro, J.M., Mariolis, A. et al. Skeletal muscle mass and body fat in relation to successful ageing of older adults: The multi-national MEDIS study. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 66, 95-101 (2016). doi: 10.1016/j.archger.2016.04.017.

Ethgen, O., Beaudart, C., Buckinx, F., Bruyère, O. & Reginster, J.Y. The future prevalence of sarcopenia in Europe: a claim for public health action. *Calcif. Tissue Int.* 100(3), 229-234 (2017). doi: 10.1007/s00223-016-0220-9.

Caballero, B. Humans against obesity: who will win? *Adv. Nutr.* 10(suppl_1), S4-S9 (2019). doi: 10.1093/advances/nmy055.

Mozaffarian, D. Dairy foods, obesity, and metabolic health: the role of the food matrix compared with single nutrients. *Adv. Nutr.* 10(5), 917S-923S (2019). doi: 10.1093/advances/nmz053.

Piché, M.E., Tchernof, A. & Després, J.P. Obesity phenotypes, diabetes, and cardiovascular diseases. *Circ. Res.* 126(11), 1477-1500 (2020). doi: 10.1161/CIRCRESAHA.120.316101.

Pasquali, R. & Oriolo, C. Obesity and androgens in women. Hyperandrogenism in Women. *Front Horm. Res.* 53, 120-134 (2019). doi: 10.1159/000494908.

Elffers, T.W., de Mutsert, R., Lamb, H.J. et al. Body fat distribution, in particular visceral fat, is associated with cardiometabolic risk factors in obese women. *PLoS One.* 28, 12(9):e0185403 (2017). doi: 10.1371/journal.pone.0185403.

de Mendonça-Louzeiro, M.R., Annichino-Bizzacchi, J.M. & Benetti-Pinto, C.L. Android fat distribution affects some hemostatic parameters in women with polycystic ovary syndrome compared with healthy control subjects matched for age and body mass index. *Fertil Steril.* 104(2), 467-473 (2015). doi: 10.1016/j.fertnstert.2015.05.013.

Peniche, D.B.R., Mateo, H.A., Barreiro, A.A., Ruiz-Valenzuela, R.E., Ramírez-Torres, M. & Urquidez-Romero, R. Differences in body composition in older people from two regions of Mexico: Implications for diagnoses of sarcopenia and sarcopenic obesity. *BioMed Res. Int.* ID 7538625, 1-9 (2018). doi:org/10.1155/2018/7538625.

Mydlová, M., Dupej, J., Koudelová, J. & Velemínská, J. Sexual dimorphism of facial appearance in ageing human adults: A cross-

sectional study. *Forensic Sci. Int.* 257, 519.e1-519.e9 (2015). doi: 10.1016/j.forsciint.2015.09.008.

Jackson, A., Janssen, I., Sui, X., Church, T.S. & Blair, S.N. Longitudinal changes in body composition associated with healthy ageing: men, aged 20-96 years. *Brit. J. Nutr.* 107(7), 1085-1091 (2012). doi: 10.1017/S0007114511003886.

St-Onge, M.P. & Gallagher, D. Body composition changes with aging: The cause or the result of alternations in metabolic rate and macronutrient oxidation? *Nutrition.* 26, 152-155 (2010). doi: 10.1016/j.nut.2009.07.004.

Steiber, N. Strong or weak handgrip? Normative reference values for the German population across the life course stratified by sex, age and body height. *PLoS One.* 4, 11(10):e0163917 (2016). doi:10.1371/journal.pone.0163917.

Bektas, A., Schurman, S. H., Sen, R. & Ferrucci, L. Aging, inflammation and the environment. *Experiment Gerontol.* 105, 10-18 (2018). doi: 10.1016/j.exger.2017.12.015

Fiorito, G., McCrory, C., Robinson, O., Carmeli, C., Rosales, C. O., Zhang, Y. et al. Bios Consortium. Socioeconomic position, lifestyle habits and biomarkers of epigenetic aging: a multi-cohort analysis. *Aging (Albany NY)* 11(7), 2045-2070 (2019). doi: 10.18632/aging.101900.

Aragon, A.A., Schoenfeld, B.J., Wildman, R., Kleiner, S., Van Dusseldorp, T., Taylor, L., Earnest, C.P., Arciero, P.J., Wilborn, C., Kalman, D.S. et al. International society of sports nutrition position stand: Diets and body composition. *J. Intern. Soc. Sports Nutr.* 14, 16 (2017). doi: 10.1186/s12970-017-0174-y.

Bahat, G.; Tufan, A.; Ozkaya, H.; et al. Relation between hand grip strength, respiratory muscle strength and spirometric measures in

male nursing home residents. *Aging Male*. 2014, 17, 136-140. doi: 10.3109/13685538.2014.936001.

Kuk, J.L., Saunders, T.J., Davidson, L.E. & Ross, R. Age-related changes in total and regional fat distribution. *Ageing Res Rev*. 8, 339-348 (2009). doi: 10.1016/j.arr.2009.06.001.

Kim, E.S., Kawachi, I., Chen, Y. & Kubzansky, L.D. Association between purpose in life and objective measures of physical function in older adults. *JAMA Psychiatry*. 1, 74(10), 1039-1045 (2017). doi: 10.1001/jamapsychiatry.2017.2145.

Zajac-Gawlak, I., Klapcińska, B., Kroemeke, A., Pośpiech, D., Pelclová, J. & Přidalová, M. Associations of visceral fat area and physical activity levels with the risk of metabolic syndrome in postmenopausal women. *Biogerontology*. 18(3), 357-366 (2017). doi: 10.1007/s10522-017-9693-9.

Silver, H.J., Wall, R., Hollingsworth, E., Pruitt, A., Shotwell, M. & Simmons, S. Simple kcal/kg formula is comparable to prediction equations for estimating resting energy expenditure in older cognitively impaired long term care residents. *J Nutr Health Aging*. 17(1), 39-44 (2013). doi: 10.1007/s12603-012-0387-3.

Spalding, K.L., Bernard, S., Näslund, E. et al. Impact of fat mass and distribution on lipid turnover in human adipose tissue. *Nat Commun*. 8, 152-153 (2017). doi: 10.1038/ncomms15253.

Martin, J.A., Ramsay, J., Hughes, Ch., Peters, D.M. & Edwards, M.G. Age and grip strength predict hand dexterity in adults. *PLoS One*. 17, 1-18 (2015). doi:10.1371/journal.pone.0117598.

Hyun, I.S., Don-Kyu, K., Kyung, M.S., Si Hyun, K., Sang, Y.L. & Sunhan, S. Relation between respiratory muscle strength and skeletal muscle mass and hand grip strength in the healthy elderly. *Ann*.

Rehab. Med. 41(4), 686-692 (2017). doi: 10.5535/arm.2017.41.4.686.

Wilson, J.M., Loenneke, J.P., Jo, E., Wilson, G.J., Zourdos, M.C. & Kim, J.S. The effects of endurance, strength, and power training on muscle fiber type shifting. *J. Strength. Cond. Res.* 26(6), 1724-1729 (2012). doi: 10.1519/JSC.0b013e318234eb6f.

Janssen, I. Evolution of sarcopenia research. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 35(5), 707-712 (2010). doi: 10.1139/H10-067.

1. Janssen, I., Heymsfield, S.B., Wang, Z.M. & Ross, R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J. Appl. Physiol.* 89, 81-88 (2000). doi: 10.1152/jappl.2000.89.1.81.

Mendes, J., Amaral, T.F., Borges, N. et al. Handgrip strength values of Portuguese older adults: a population based study. *BMC Geriatrics.* 17, 191 (2017). doi: 10.1186/s12877-017-0590-5.

Gába, A. & Přidalová, M. Age-related changes in body composition in a sample of Czech women aged 18-89 years: a cross-sectional study. *Eur. J. Nutr.* 53(1), 167-176 (2014). doi: 10.1007/s00394-013-0514-x.

Bo-Young, S., Yo-Soon, B., Min-Ji, H. & Eun-Ju, O. Effect of task oriented activities on hand functions, cognitive functions and self-expression of elderly patients with dementia. *J. Phys. Ther. Sci.* 29(8), 1357-1362 (2017). doi: 10.1589/jpts.29.1357.

Doherty, T.J. Invited review: aging and sarcopenia. *J. Appl. Physiol.* 95, 1717-1727 (2003). doi: 10.1152/japplphysiol.00347.2003.

Budziareck, M.B., Pureza-Durate, R.R. & Barbosa-Silva, M.C. Reference values and determinants for handgrip strength in healthy subjects. *Clin. Nutr.* 27, 357-362 (2008). doi: 10.1016/j.clnu.2008.03.008.

Dey, D.K., Bosaeus, I., Lissner, L. & Steen, B. Changes in body composition and its relation to muscle strength in 75-year-old men and women: a 5-year prospective follow-up study of the NORA cohort in Göteborg, Sweden. *Nutrition*. 25(6), 613-619 (2009). doi: 10.1016/j.nut.2008.11.023.

Makizako, H., Shimada, H., Doi, T. et al. Age dependent changes in physical performance and body composition in community dwelling Japanese older adults. *J. Cachexia Sarcopeni Muscle*. 8(4), 607-614 (2017). doi: 10.1002/jcsm.12197.

Ulbrich, E.J, Nanz, D., Leinhard, O.D., Marcon, M. & Fischer, M.A. Whole-body adipose tissue and lean muscle volumes and their distribution across gender and age: MR-derived normative values in a normal-weight Swiss population. *Magn. Reson. Med. Sci*. 79, 449-458 (2018).

Dinas, P.C., Nintou, E., Psychou, D. et al. Association of fat mass profile with natriuretic peptide receptor alpha in subcutaneous adipose tissue of medication-free healthy men: A cross-sectional study. *F1000Research*. 7, 327 (2018). doi: 10.12688/f1000research.14198.2.

Miazgowski, T., Kucharski, R., Soltysiak, M., Taszarek, A., Miazgowski, B. & Widecka, K. Visceral fat reference values derived from healthy European men and women aged 20-30 years using GE Healthcare dual energy x-ray absorptiometry. *PLoS One*. 12(7), e0180614 (2017). doi.org/10.1371/journal.pone.0180614.

Swainson, M.G., Batterham, A.M., Tsakirides, C., Rutherford, Z.H. & Hind, K. Prediction of whole-body fat percentage and visceral adipose tissue mass from five anthropometric variables. *PLoS One*. 12(5), e0177175 (2017). doi.org/10.1371/journal.pone.0177175.

- Ramírez-Vélez, R., Correa-Bautista, J.E., Sanders-Tordecilla, A. et al. Percentage of body fat and fat mass index as a screening tool for metabolic syndrome prediction in Colombian University students. *Nutrients*. 9, 1009 (2017). doi:10.3390/nu9091009.
- Guan, X., Sun, G., Zheng, L., Hu, W., Li, W. & Sun, Y. Associations between metabolic risk factors and body mass index, waist circumference, waist-to-height ratio and waist-to-hip ratio in a Chinese rural population. *J. Diabetes Invest.* 7, 601-606 (2016). doi: 10.1111/jdi.12442.
- Chang, H.W., Chang, J.B., Li, P.F. et al. The association of hematological parameters and metabolic syndrome in an older population: A cross sectional and longitudinal study. *J. Med. Sci.* 36(5), 180-187 (2016). doi: 10.4103/1011-4564.192825.
- Singh, I., Rawat, S., Varte, L.R. & Majumdar, D. Workstation related anthropometric and body composition parameters of Indian women of different geographical regions. *JKIMSU*. 4(1), 38-44 (2015) ISSN 2231-4261.
- Wyka, J., Biernat, J. & Kiedik, D. Nutritional determination of the health status in Polish elderly people from an urban environment. *J. Nutr. Health Aging*. 2010, 14, 67-71.
- Rahman, M.A., Moni, M.A., Ahmed, K., Islam, M.S. & Haque, M.A. Anthropometric profile of the urban senior citizens. *Ibrahim Med. Coll. J.* 4(2), 59-62 (2010).
- Rech, C.R., Cordeiro, B.A., Petroski, E.L. & Vasconcelos, F.A. Validation of bioelectrical impedance for the prediction of fat free mass in Brazilian elderly subjects. *Arq. Bras. Endocrinol. Metabol.* 52(7), 1163-1171 (2008).
- Hughes, V.A., Roubenoff, R., Wood, M., Frontera, W.R., Evans, W.J. & Fiatarone - Singh, M.A. Anthropometric assessment of 10-

y changes in body composition in the elderly. *Am. J. Clin. Nutr.* 80, 475-482 (2004).

Chan, D.C., Watts, G.F., Barrett, P.H.R. & Burke, V. Waist circumference, waist to hip ratio and body mass index as pre-dictors of adipose tissue compartments in men. *Q. J. Med.* 96, 441-447 (2003). doi:10.1093/qjmed/hcg069.

Jin, C.H., Yuk, J.S., Choi, K.M. et al. Body fat distribution and its associated factors in Korean women with polycystic ovary syndrome. *J. Obstet. Gynaecol. Re.* 41(10), 1577-1583 (2015). doi: 10.1111/jog.12767.

Cooper, R., Heine, B., Hardy, R., Patel, K.V. & Kuhn D. Physical capability in midlife and survival over 13 years of follow up: British birth cohort study. *BMJ.* 348:g2219 (2014). doi:10.1136/bmj.g2219.

Ling, C.H.Y., Taekema, D., de Craen, A.J.M., Gussekloo, J., Westendorp, R.G.I. & Maier, A.B. Handgrip strength and mortality in the oldest old population: the Leiden 85-plus study. *CMAJ.* 23, 182(5), 429-435 (2010).

Volaklis, K.A. et al. Handgrip strength is inversely and independently associated with multimorbidity among older women: Results from the KORA - Age study. *Eur. J. Intern. Med.* 31, 35-40 (2016).

Nurul Shahida, M.S., Siti Zawiah, M.D. & Case, K. The relationship between anthropometry and hand grip strength among elderly Malaysians. *Int. J. Ind. Ergonom.* 50, 17-25 (2015). <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2015.09.006>.

Dodds, R.M. et al. Grip strength across the life course: Normative data from twelve British studies. *PLoS One.* 9(12), e113637 (2014). doi:10.1371/journal.pone.0113637.

Zaopatrywanie rany oparzeniowej w warunkach opieki domowej - opisy przypadków

Home care burn wound management - case reports

Bożena Styk¹, Mariola Mendrycka², Agnieszka Woźniak-Kosek³

¹Wydział Nauk o Zdrowiu, Warszawska Akademia Medyczna
Nauk Stosowanych w Warszawie

²Wydział Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet
Radomski im. K. Pułaskiego w Radomiu

³Zakład Diagnostyki Laboratoryjnej, Wojskowy Instytut Medyczny
– PIB w Warszawie

Streszczenie

Oparzenia stanowią bardzo destrukcyjną grupę urazów, które nie tylko uszkodzają skórę, ale także mogą wywołać zmiany ogólnoustrojowe w obrębie poszczególnych układów i chorobę oparzeniową. Występowanie oparzeń jest ściśle związane z rozwojem cywilizacji i techniki. W Polsce dochodzi do około 300–400 tysięcy oparzeń rocznie, z czego 50–70% dotyczy dzieci. Oparzeniom, które wymagają hospitalizacji ulega średnio 12 tys. osób rocznie, z czego ok. 600 osób umiera. Oparzenia wśród dzieci stanowią istotny problem medyczny, społeczny, a także ekonomiczny, ponieważ są czwartą najczęstszą przyczyną śmierci dzieci z powodów urazowych w Europie. Najczęściej ciężkim oparzeniom ulegają dzieci poniżej 5 roku życia. Dochodzi do nich głównie w domu. Dominują oparzenia termiczne, spowodowane gorącym płynem lub otwartym ogniem. Niezwykle istotna jest profilaktyka polegająca na stosowaniu zasad bezpieczeństwa w kontakcie z ogniem, materiałami łatwopalnymi i gorącymi cieczami, a także właściwy nadzór nad dziećmi. W sytuacji, kiedy dojdzie do oparzenia ogromne znaczenie mają działania ratunkowe. Od właściwego schłodzenia i zabezpieczenia oparzonej okolicy zależy w dużej mierze dalszy przebieg leczenia. Rana oparzeniowa jest raną ostrą, szczególnie podatną na zakażenia, dlatego postępowanie z nią powinno opierać się na właściwym doborze środków antyseptycznych oraz opatrunków specjalistycznych.

Słowa kluczowe: oparzenia, rana oparzeniowa, leczenie rany oparzeniowej.

Abstract

Burns are a very destructive group of injuries that not only damage the skin, but can also cause systemic changes in individual systems and burn disease. The occurrence of burns is closely related to the development of civilization and technology. In Poland, there are about 300-400 thousand burns per year, of which 50-70% concern children. On average, 12 thousand people suffer from burns that require hospitalization per year, of which about 600 people die. Burns among children are a significant medical, social and economic problem, because they are the fourth most common cause of death due to trauma in children in Europe. Most often, severe burns occur in children under 5 years of age. They occur mainly at home. Thermal burns, caused by hot liquid or open flames, dominate. Prevention is extremely important, consisting in the application of safety rules in contact with fire, flammable materials and hot liquids, as well as proper supervision of children. In a situation when a burn occurs, rescue actions are of great importance. The further course of treatment depends largely on the proper cooling and protection of the burnt area. A burn wound is an acute wound, particularly susceptible to infection, therefore treatments should be based on the proper selection of antiseptics and specialist dressings.

Keywords: burns, burn wound, burn wound treatment.

1. Wstęp

Skóra człowieka jest największym, a jednocześnie zewnętrznym narządem ciała co sprawia, że w sposób szczególny jest ona narażona na różnego rodzaju uszkodzenia i urazy, wśród których istotne miejsce przypada oparzeniom. Oparzenie jest to miejscowe i ogólnoustrojowe następstwo urazu wywołanego działaniem czynnika termicznego, chemicznego, elektrycznego lub promieniowania jonizującego. Na skutek kontaktu ze źródłem energii następuje uszkodzenie skóry oraz tkanek położonych głębiej (Strong i in., 2014; Roczniak i in., 2017; Sozen i in., 2015). Istnieją różne klasyfikacje oparzeń. W zależności od czynnika etiologicznego oparzenia dzieli się na:

Oparzenia termiczne – powstają w efekcie działania wysokiej temperatury. Źródłem oparzenia może być płomień, ciecz, para wodna lub rozgrzane ciało stałe. Mogą one wystąpić już przy temperaturze 42°C. Stopień uszkodzenia tkanek uzależniony jest od czasu trwania transmisji źródła ciepła na skórę. W wyniku działania czynnika cieplnego o temperaturze 42°C naskórek ulega martwicy po 6 godzinach ekspozycji. Wraz ze wzrostem temperatury skraca się czas, po którym pojawiają się zmiany martwicze. Dla temperatury 55°C wystarczą tylko 3 minuty działania ciepła, a przy temperaturze 70°C 1 sekunda. Przy ekspozycji na temperaturę przekraczającą 55°C dochodzi do uszkodzenia skóry oraz głębiej zlokalizowanych tkanek (Popow i in., 2019; Moss, 2010).

Oparzenia chemiczne – powstają w efekcie kontaktu ze żrącymi substancjami chemicznymi takimi jak kwasy, zasady, niektóre środki czystości lub substancje toksyczne. Rozległość

i stopień oparzenia chemicznego uzależnione są od właściwości substancji, jej stężenia oraz czasu ekspozycji. Kwasy w kontakcie z tkanką powodują koagulację białek i reakcję egzotermiczną, natomiast zasady powodują głębsze i cięższe uszkodzenia tkanek. Oparzenia chemiczne są zazwyczaj głębokie, a rozległość zmian decyduje najczęściej o konieczności interwencji chirurgicznej w obrębie uszkodzonych tkanek (Popow i in., 2019; Moss, 2010).

Oparzenia elektryczne – są wynikiem porażenia prądem. Konsekwencje tego typu oparzeń uzależnione są od rodzaju prądu, jego częstotliwości, napięcia oraz okolicy ciała, której dotyczy porażenie. Istotny jest również czas ekspozycji na działanie prądu. Oparzenia elektryczne powodują rozległą destrukcję tkanek nie tylko w miejscu wejścia i wyjścia strumienia prądu, ale również wzdłuż naczyń krwionośnych i nerwów. Powoduje to nie tylko głębokie uszkodzenia tkanek, lecz także objawy ogólne, takie jak: utratę przytomności, zatrzymanie akcji oddechowej w wyniku porażenia ośrodka oddechowego oraz zatrzymanie akcji serca w mechanizmie migotania komór. Oparzenia spowodowane prądem mogą prowadzić do martwicy skóry lub głębszych tkanek (Popow i in., 2019; Moss, 2010).

Oparzenia radiacyjne – są efektem działania promieniowania radioaktywnego lub słonecznego. Stopień uszkodzenia tkanek uzależniony jest od rodzaju promieniowania, jego intensywności oraz czasu ekspozycji (Cybulka, 2016; Skórska, 2016). W zależności od głębokości uszkodzenia tkanek oparzenia klasyfikowane są w oparciu o 4-stopniową skalę:

Oparzenie 1 stopnia – powstaje najczęściej jako efekt krótkotrwałego kontaktu z gorącą parą, wodą lub po zbyt długiej ekspozycji na słońce. Oparzenie 1-go stopnia obejmuje tylko

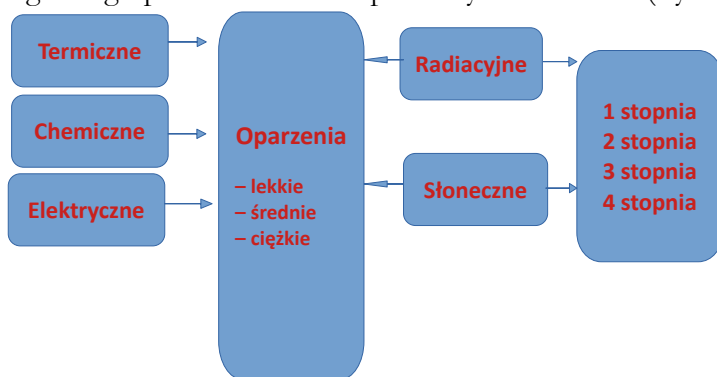
naskórek. Objawem jest rumień i niekiedy niewielki obrzęk. Oparzenie to jest bardzo bolesne, ból ma charakter piekący. Po 2–3 dniach pacjent zaczyna odczuwać w miejscu oparzenia silny świąd. Oparzenia te goją się szybko, do 10 dni i nie pozostawiają blizn (Stoy i in., 2013).

Oparzenie 2 stopnia – obejmuje uszkodzenie naskórka i części skóry właściwej. Objawy to zaczerwienienie, obrzęk oraz obecność pęcherzy wypełnionych surowiczym płynem. Pęcherze pokryte są martwym naskórkiem, który unosi się do góry pod wpływem gromadzącego się pod nim płynu tkankowego. Oparzenia te są bardzo bolesne. Powstają najczęściej w efekcie oblania powierzchni skóry wrzątkiem, gorącym olejem lub po kontakcie skóry z parą wodną. Dzieli się je na oparzenia powierzchowne – stopień II a, które goją się w ciągu 14 dni oraz głębokie – II b. Oparzenia II b, obejmują poza naskórkiem pełną grubość skóry właściwej. W tym przypadku stwierdza się białą zabarwioną skórę z czerwonymi punktami w okolicy mieszków włosowych oraz uszkodzenie zakończeń nerwowych, co zmniejsza bolesność. Oparzenie to goi się w ciągu 35 dni (Roczniak i in., 2017; Osmalek i in., 2018).

Oparzenie 3 stopnia – dotyczy uszkodzenia naskórka i pełnej grubości skóry właściwej. Zmiany goją się bardzo długo i często wymagają przeszczepu skóry. W obrazie klinicznym stwierdza się suchą, twardą skórę o zabarwieniu białoszarawym, a następnie żółtym lub brązowym. Skóra przy ucisku nie blednie, co jest spowodowane obecnością skrzeplin w naczyniach krwionośnych. Zniszczeniu ulegają receptory nerwowe, co sprawia, że czucie jest całkowicie zniesione. Stopniowo martwica wysycha tworząc strup. Po oddzieleniu strupa rana wypełnia się ziarniną

i goi, pozostawiając najczęściej twarde i grube blizny (Burzec i in., 2017).

Oparzenie 4 stopnia – Ten typ oparzenia obejmuje poza całą grubością skóry również niżej położone tkanki takie jak: ścięgna, mięśnie. W skrajnych sytuacjach dochodzi do zwęglenia oparzonej części ciała (Rocznik i in., 2017; Hussain i Dunn., 2013; Singer i in., 2010). Podział oparzeń w zależności od czynnika etiologicznego przedstawiono na poniższym schemacie (Ryc. 1).



Rycina 1. Schemat podziału oparzeń w zależności od czynnika etiologicznego. Źródło: opracowanie własne.

W oparciu o rozległość oparzeń oraz ich stopień oparzenia dzieli się na lekkie, średnie i ciężkie. Aktualnie obowiązującą klasyfikacją ciężkości oparzeń jest klasyfikacja Amerykańskiego Towarzystwa Oparzeniowego (ang. *ABA – American Burn Association*), zaakceptowana przez Polskie Towarzystwo Oparzeń i określana jako procent powierzchni ciała – TBSA. Zgodnie z tą klasyfikacją oparzenia lekkie obejmują oparzenia I stopnia, oparzenia II stopnia zajmujące poniżej 15% powierzchni ciała u dorosłych i poniżej 10 % powierzchni ciała u dzieci oraz

oparzenia III stopnia obejmujące poniżej 2% powierzchni ciała. Do oparzeń średnich zalicza się: oparzenia II stopnia obejmujące poniżej 25% powierzchni ciała u dorosłych, oparzenia II stopnia obejmujące 10-20 % powierzchni ciała u dzieci, oparzenia II stopnia obejmujące: ręce, twarz, uszy, oczy, krocze, stopy oraz oparzenia III stopnia obejmujące 2-10% powierzchni ciała. Oparzenia ciężkie stwierdza się w przypadku oparzeń II stopnia obejmujących powyżej 25% powierzchni ciała u dorosłych, oparzenia III stopnia zajmujące powyżej 10% niezależnie od wieku oraz oparzenia III stopnia twarzy, rąk, szyi, stóp, dłoni, krocza, tułowia, okężne kończyn, a także oparzenia dróg oddechowych, elektryczne i powikłane innym urazem lub chorobami współistniejącymi (Matuszczak i in., 2011; Drożdż i in., 2011).

W ocenie ciężkości oparzeń rozległość jest istotniejszą informacją niż głębokość. Do precyzyjnej oceny wielkości oparzonej powierzchni wykorzystuje się tzw. regułę dziewiątek Wallace'a, wg której ciało dzieli się na pola stanowiące 9% lub 18% całkowitej powierzchni. U osób dorosłych głowa i każda kończyna górna stanowią 9%, natomiast przód tułowia, tył tułowia i każda kończyna dolna stanowią po 18%. Wyjątkiem są okolice krocza, które stanowią 1%. W przypadku dzieci powyżej 5 roku życia reguła dziewiątek wygląda inaczej: głowa to 18%, kończyny górne – po 18%, kończyny dolne – po 14%, cały tułów – 36%. W przypadku niemowląt w określaniu rozległości oparzeń stosuje się regułę piątek, według której powierzchnia głowy oraz przodu i tyłu tułowia stanowi po 20% powierzchni ciała. Każda kończyna to 10% ogólnej powierzchni. W ocenie rozległości oparzeń używa się również reguły dłoni. Według tej reguły powierzchnia ręki oparzonego odpowiada 1% łącznej powierzchni jego ciała.

Wielokrotność powierzchni ręki wskazuje wielkość procentową obszaru oparzenia, przy czym reguła ta nie odnosi się do dzieci (Rocznia i in., 2017; Yasti i in., 2015).

2. Cel pracy

Celem pracy jest przedstawienie wyników leczenia ran oparzeniowych u sześciu pacjentów.

3. Opis przypadków

Przypadek 1 (Ryc. 2) Trzyletni chłopiec oparzył się chwytając dłonią płonącą świecę. Na prawej dłoni oparzenia termiczne I/II stopnia. Leczenie rozpoczęto w drugiej dobie po oparzeniu. Na rany oparzeniowe zastosowano opatrunki hydrożelowe, które stosowano przez 5 dni. Po wchłonięciu pęcherzy i wykonaniu nekrektomii stosowano opatrunek hydrożelowy z Poliheksanidem, osłonięty opatrunkiem siatkowym oraz jałową gazą. Gojenie ran trwało 18 dni. Po zakończonym leczeniu nie pozostały blizny.



Rycina 2. Rany przed (A) i w trakcie leczenia (B)

Przypadek 2 (Ryc. 3) Sześćioletnia dziewczynka została oparzona kawą. Oparzenie termiczne I/II stopień w okolicy lewego stawu barkowego. Leczenie rozpoczęto w 3 dobie po oparzeniu. Leczenie ran utrudniało ich umiejscowienie. Opatrunki były zrywane przez dziecko w nocy w czasie snu. W leczeniu zastosowano jednorazowo sulfatiazol srebrowy, który przykryto opatrunkiem siatkowym i gazą. Następnie wykonywano opatrunki z zastosowaniem siatki parafinowej zabezpieczanej gazą. Rany goiły się 16 dni. Po zakończonym leczeniu nie pozostały blizny.



Rycina 3. Rana przed (A) i po leczeniu (B)

Przypadek 3 (Ryc. 4) Kobieta lat 35z oparzeniem I/II-go stopnia na udach. Oparzenie termiczne po oblaniu się gorącą kawą. Leczenie rozpoczęto 8 godzin po oparzeniu. Przez 5 dni stosowano opatrunki hydrożelowe. Następnie stosowano sulfatiazol srebrowy, opatrunki siatkowe, pokryte parafiną i wtórne opatrunki piankowe. Czas leczenia ran wyniósł 10 dni. Rany wygoiły się bez blizn pozostawiając jednak wyraźne przebarwienia na skórze.



Rycina 4. Rana w trakcie (A) i po leczeniu (B)

Przypadek 4 (Ryc. 5) Mężczyzna lat 30 z oparzeniem I/II stopnia lewej stopy. Oparzenie termiczne wrzącą wodą. Leczenie rozpoczęło się w 3 dobie od oparzenia. Pacjent nie stosował się do zaleceń. Stosował „wietrzenie rany” powodując, że na ranie powstawał strup, co powodowało opóźnienie gojenia. Do zaopatrywania rany stosowano opatrunek hydrożelowy z PHMB osłonięty opatrunkiem siatkowym oraz wtórny opatrunek piankowy. Leczenie trwało 28 dni. Rana wygoiła się bez blizn, pozostawiając lekkie przebarwienie na skórze.



Rycina 5. Rana przed (A) i po leczeniu (B)

Przypadek 5 (Ryc. 6) Kobieta lat 47 po oparzeniu gorącą wodą z rozległym oparzeniem II A/IIB na tułowiu. Leczenie rozpoczęto w dniu urazu. Przez 4 doby stosowano opatrunki hydrożelowe, następnie po wykonaniu nekrektomii stosowano hydrożel z PHMB oraz opatrunki siatkowe z parafiną. Rana wygoiła się w 18 dni nie pozostawiając blizn.

Rycina 6a. Rana w trakcie leczenia (A-B)



Rycina 6b. Rana po leczeniu (C-D)

Przypadek 6 (Ryc. 7) Kobieta lat 65 z paraplegią kończyn dolnych z oparzeniem elektrycznym III stopnia w obrębie dwóch stóp. Do oparzenia doszło w trakcie zabiegu fizykoterapeutycznego. Według danych z wywiadu rany po odłączeniu elektrod były czarne. Rany bezpośrednio po oparzeniu zabezpieczono opatrunkiem Granuflex. Leczenie ran oparzeniowych rozpoczęto w 7 dobie po oparzeniu. Rana została zakwalifikowana jako rana trudno gojąca się. W leczeniu kilkakrotnie zmieniano schemat postępowania. Najlepsze efekty zaobserwowano po zastosowaniu opatrunku lipidokoloidowego z jonami srebra. Leczenie trwało 14 tygodni.



Rycina 7. Rany stóp przed leczeniem (A-B) i w trakcie leczenia (C-D)

4. Omówienie

Obecnie stosuje się trzy sposoby leczenia rany oparzeniowej: sposób otwarty, bez opatrunku, który znajduje zastosowanie w przypadku oparzeń twarzy, krocza i pośladków, sposób zamknięty z wykorzystaniem opatrunków oraz wczesną nekrektomię i pokrycie ran auto- i aloprzeszczepami lub innymi materiałami. W przypadku oparzeń I stopnia można z powodzeniem zastosować metodę otwartą. Leczenie oparzeń II

stopnia wymaga nekrektomii i zastosowania opatrunków specjalistycznych, wśród których szczególne miejsce zajmują miejscowe środki przeciwbakteryjne i kremy lub opatrunki z dodatkiem srebra jonowego (Chrapusta i in., 2012). Prosty, dość popularnym i tanim opatrunkiem znajdującym zastosowanie w zaopatrywaniu rany oparzeniowej są opatrunki hydrożelowe. Opatrunki hydrożelowe to przezroczyste, żelowe płyty o grubości ok. 3,5 mm i galaretowatej strukturze. Składają się w ponad 90% z wody, są one dostępne w różnych rozmiarach i kształtach. Produkowane są w oparciu o kompozycję naturalnych i syntetycznych polimerów, w których fazą rozproszoną jest woda. Trójwymiarowa oraz przestrzenna struktura polimeru jest usieciowana za pomocą wiązki elektronowej, przez co opatrunki są sterylne i bardzo wytrzymałe. Do najważniejszych zalet opatrunków hydrożelowych należą: możliwość obserwacji rany bez konieczności zdejmowania opatrunku, elastyczna i miękka struktura opatrunku, duża wytrzymałość mechaniczna umożliwiająca zastosowanie w trudnych anatomicznie lokalizacjach, utrzymywanie wilgotności na powierzchni rany, nawilżanie suchych ran, absorbowanie i wiązanie wydzieliny z rany, zmniejszenie ryzyka zakażenia rany, właściwości atraumatyczne, dobre izolowanie rany od środowiska zewnętrznego, właściwości wspomagające proces autolitycznego oczyszczania rany, działanie chłodzące i przeciwbólowe, biokompatybilność i hipoalergiczność oraz możliwość utrzymywania na ranie do 3 dni (Witkowski, 2019; Górską i Mendyk, 2023). Opatrunki hydrożelowe zastosowano w leczeniu opisywanych pacjentów z oparzeniami termicznymi. W trakcie ich stosowania zaobserwowano wszystkie z opisywanych

w piśmiennictwie naukowym korzyści, za najbardziej istotne należy jednak uznać działanie przeciwbólowe.

Kolejnym prostym opatrunkiem stosowanym w przypadku niezakażonych i niepowikłanych oparzeń, jest parafinowy opatrunek siatkowy. Jest on jałowym opatrunkiem o specjalnym splocie gazy, nasyconym białą, miękką parafiną. Opatrunek ten spełnia rolę bariery pomiędzy raną, a opatrunkiem wtórnym umożliwiając jednocześnie przepływ wydzieliny do chłonnego opatrunku wtórnego. Parafina, którą nasączone są opatrunki, utrzymuje odpowiedni stopień nawilżenia rany, co usprawnia proces gojenia. Jest to szczególnie ważne, gdyż gojenie w środowisku wilgotnym zachodzi sprawniej. Łatwiej zachodzą wtedy procesy oddzielania się uszkodzonych tkanek i oczyszczanie rany. Jednocześnie komórki naskórka są pobudzane do szybszej odbudowy tkanek, szybciej również postępuje ziarninowanie. Utrzymywanie wilgotnego środowiska rany jest zgodne ze strategią leczenia ran wg koncepcji TIMERS (ang. *T -tissue debridement, I-infection and inflammation control, M -moisture balance, E - edge/epidermis, R - repair and regeneration, S - social and individual-related factors*). Dodatkowo parafina działa przeciwbólowo na ranę pokrytą opatrunkiem. Ta cecha opatrunku jest szczególnie istotna, gdyż poprawia komfort pacjenta. Opatrunek pozwala ograniczyć bezpośrednie dotykane i naruszanie rany, nie przywiera do rany, zapobiega także jej wysuszeniu i maceracji. Opatrunek siatkowy jest wyjątkowo łatwy do stosowania oraz bardzo uniwersalny. Zmiana opatrunku jest bezbolesna. Struktura opatrunku eliminuje uszkodzenia świeżo wygojonych tkanek. Do jego zalet należy także cena (Kozłowska i in., 2014; Falanga, 2004; Strohal i in., 2013; Kramer i in., 2018). Badanie retrospektywne przeprowadzone

w szpitalu w Zabrze wykazało skuteczność stosowania w leczeniu ran oparzeniowych opatrunków siatkowych z parafiną i chlorheksydyną (Jaworski i in., 2022).

W opisywanych przypadkach pacjentów, parafinowe opatrunki siatkowe zastosowano z dobrym skutkiem we wszystkich przypadkach oparzeń termicznych.

Rana oparzeniowa jest raną szczególnie narażoną na infekcje. W przypadku kolonizacji bakteryjnej w ranach oparzeniowych zalecane jest stosowanie opatrunków z jonami srebra. Takich opatrunków na rynku medycznym jest duży wybór, co daje bardzo szerokie możliwości wyboru spośród opatrunków hydrowłóknistych, siatkowych lub piankowych (Agbenorku i in., 2013; Rowan i in., 2015). W leczeniu oparzeń powszechnie stosowana jest sól srebrowa sulfatiazolu (krem Argosulfan). Preparat wykazuje bardzo dobre działanie przeciwbakteryjne, co wynika z połączenia w jego składzie sulfonamidu oraz srebra (Wyrzykowska i in., 2022). Sulfatiazol srebrowy zapobiega zakażeniom rany, przyspiesza gojenie i tworzy na uszkodzonej skórze ochronną warstwę, dzięki czemu pomaga utrzymać właściwy poziom wilgotności. Działa na wiele bakterii Gram-dodatnich oraz Gram -ujemnych, a także na wirusy ospy wietrznej, opryszczki pospolitej i półpaśca. Podstawową cechą sulfatiazolu srebrowego jest jego duża stabilność i mała rozpuszczalność, co wpływa na utrzymanie się leku w ranie i obniżenie jego wchłaniania do krwi. Argosulfan znajduje zastosowanie w leczeniu wszystkich stopni oparzeń, w tym oparzeń popromiennych. Argosulfan może być bezpiecznie stosowany u osób dorosłych oraz u dzieci po drugim miesiącu życia (na podstawie „Charakterystyka produktu leczniczego Argosulfan.”;

http://chpl.com.pl/data_files/2012-12-21_argosulfancreamspc.pdf). Sulfatiazol srebrowy zastosowano z dobrym skutkiem u 2 pacjentów z oparzeniem termicznym.

Do opatrunków naturalnych zaliczają się przeszczepy skórne alogenne i ksenogenne, błony kolagenowe oraz błony owodniowe ludzkie (Agbenorku i in., 2013).

Wśród wskazań dotyczących zastosowania substancji antyseptycznej w zależności od sytuacji klinicznej rany w przypadku oparzeń rekomendowane jest zastosowanie preparatów na bazie PHMB lub Octenidyny oraz równoległe stosowanie lawaseptyki (Cutting i Westgate, 2012; Westgate i Cutting, 2014; Sopata i in., 2020). U opisywanych pacjentów zastosowano antyseptykę z wykorzystaniem PHMB oraz lawaseptykę w postaci 0.9% NaCl.

W przypadku opisanych pacjentów zastosowano produkty zgodne z rekomendacją międzynarodowego konsensusu „Higiena rany” oraz wytycznymi postępowania miejscowego w ranach niezakażonych, zagrożonych infekcją oraz zakażonych Polskiego Towarzystwo Leczenia Ran. W efekcie czas leczenia ran oparzeniowych termicznych był krótki i goiły się one bez powikłań. Przedstawiony w pracy przypadek pacjentki z oparzeniem elektrycznym stanowi przykład trudno gojącej się rany oparzeniowej. Należy jednak pamiętać, że oparzenia elektryczne są z definicji ranami, których obraz kliniczny pogarsza się w początkowym okresie po urazie, a proces ich gojenia jest długi i trudny.

5. Podsumowanie

Problematyka leczenia ran oparzeniowych wiąże się ściśle z prawidłowo udzieloną pierwszą pomocą po oparzeniu. Do jej

najważniejszych elementów należą: odizolowanie poszkodowanego od źródła gorąca, zdjęcie odzieży, jeśli nie przykleiła się do ciała, usunięcie pierścionków, biżuterii, zegarka, schłodzenie oparzonego miejsca chłodną wodą, założenie „mokrego opatrunku” lub opatrunku hydrożelowego, lekkie zabandażowanie. Podczas udzielania pierwszej pomocy po oparzeniu bezwzględnie zabronione jest: zdejmowanie odzieży przyklejonej do skóry, schładzanie innymi płynami niż woda, stosowanie na oparzoną okolice przylepców, usuwanie z rany obcych ciał, rozrywanie pęcherzy oraz stosowanie spirytusu, preparatów z alkoholem oraz maści.

Prawidłowo dobrane miejscowe leczenie rany oparzeniowej umożliwia nie tylko zagojenie się rany, lecz także uzyskanie pozytywnego efektu funkcjonalnego i kosmetycznego. Przedstawione w pracy schematy leczenia oparzeń II stopnia wydają się bardzo ciekawym i skutecznym sposobem postępowania, możliwym do zastosowania również u innych pacjentów.

6. Literatura

Agbenorku P., Agbenorku M., Fiifi-Yankson K.P., Pediatric burns mortality risk factors in a developing country's tertiary burns intensive care unit, *Int. J. Burns Trauma*, 2013, 3, s. 151-158.

Burzec A., Mess E., Ornat M., Pirogowicz I., Oparzenia u dzieci - rodzaje, ocena ciężkości oraz zasady postępowania, *Współczesne Pielęgniarstwo i Ochrona Zdrowia*, 2017, (3), s. 98-103.

Charakterystyka produktu leczniczego Argosulfan.
http://chpl.com.pl/data_files/2012-12-21_argosulfancreamspc.pdf.

Chrapusta A., Pabiańczyk R., Nessler M., i wsp., Aquacel Ag w leczeniu oparzeń IIb i IIb/III stopnia ręki u dorosłych - doświadczenia własne, *Forum Zakażeń*, 2012, 3(2), s. 71-76.

Cutting K.F., Westgate S.J., The use of wound cleansing solutions in chronic wounds, *Wounds UK*, 2012, 8, s. 130-133.

Cybulka B., Oparzenie prądem wysokiego napięcia. Długotrwały proces leczenia ran powstałych w wyniku porażenia prądem elektrycznym- opis przypadku, *Leczenie Ran*, 2026, 13(1), s. 29-34.

Drożdż Ł., Mądry R., Strużyna J., Wstrząs oparzeniowy, diagnostyka, monitorowanie i leczenie plynowe ciężkich oparzeń- nowe spojrzenie, *Wiadomości Lekarskie*, 2011, 14, s. 288-293.

Falanga V., Wound bed preparation: science applied to practice, Position document EWMA, Medical Education Partnership, London 2004, s. 2-5.

Górska A., Mendyk A., Hydrożele jako skuteczne materiały opatrunkowe we wspomaganiu leczenia ran, *Farm Pol*, 2023, 79 (4), s. 217-225.

Hussain A., Dunn K., W: Predicting length of stay in thermal burns: a systematic review of prognostic factors, *Burns*, 2013, 39, s. 1331-1340.

Jaworski W., Jaworski A., Kufel J., Grabowski A., Korlacki W., Głębokie i rozległe oparzenia u dzieci: retrospektywna ocena schematu leczenia oparzeń u pacjentów Kliniki Chirurgii Wad Wrodzonych i Traumatologii w Zabrze SUM, *Pol PrzeglChir.* 2022, 94(5), s. 31-39.

Kawecki M., Glik J., Sopolski P., i wsp., Ocena skuteczności zastosowania opatrunku w formie rękawicy zawierającej zjonizowane srebro w leczeniu oparzeń rąk - doświadczenia Centrum Leczenia Oparzeń w Siemianowicach Śląskich, *Chirurgia Plastyczna i Oparzenia*, 2014, 2(1), s. 57.

Kozłowska E., Szewczyk M.T., Cierzniałowska K., i wsp., Opieka, nadzór i leczenie rany oparzeniowej, *Zakażenia*, 2014, 14(1), s. 45-53.

Kramer A., Dissemmond J., Kim S., i wsp., Consensus on wound antisepsis, *Skin PharmacolPhysiol*, 2018, s. 28-58.

Matuszczak E., Dębek W., Chomicz A., i wsp., Analiza etiologii i epidemiologii oraz ocena wyników leczenia oparzeń u dzieci, *Pediatr. Pol.*, 2011, 86(3), s. 254-259.

Moss L.S., Treatment of the Burn Patient in Primary Car. Adv, Skin Wound Care, 2010, 23, s. 517-524.

Osmalek K., Furmanik F., Kopański Z., Zimnoch L., Dyl S., Rowiński J., Strychar J., Oparzenia u dzieci, Journal of Clinical Healthcare, 2018, (1), s. 34-40.

Popow A., Cierzniaowska K., Warszńska A., Burn wound - selected elements of patient care based on the case report, Leczenie Ran, 2019, 16(3), s. 92-95.

Roczniak W., Babuška-Roczniak M., Zahaczewski K., i wsp., Postępowanie przedszpitalne i szpitalne w ciężkich oparzeniach ciała. Opis przypadku., Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu, 2017, 23(1), s. 68-72.

Roczniak W., Babuška-Roczniak M., Zahaczewski K., Marek H., Jakubowski K., Wojtanowska M., Cipora E., Postępowanie przedszpitalne i szpitalne w ciężkich oparzeniach ciała. Opis przypadku, Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu, 2017, 23, s. 68-72.

Rowan M.P., Cancio L.C., Elster E.A. i wsp., Burn wound healing and treatment: review and advancements, Critical Care, 2015, s. 1-12.

Singer A.J., Taira B.R., Thode H.C. Jr., i wsp., The association between hypothermia, prehospital cooling, and mortality in burn victims, Acad. Emerg. Med., 2010, 17, s. 456-459.

Skórska E., Oddziaływanie słonecznego promieniowania ultrafioletowego na organizm człowieka, Kosmos, 2016, 65(4), s. 657-667.

Sopata M., Jawień A., Mrozikiewicz-Rakowska B., i wsp., Wytyczne postępowania miejscowego w ranach niezakażonych, zagrożonych infekcją oraz zakażonych - przegląd dostępnych substancji przeciwdrobnoustrojowych stosowanych w leczeniu ran. Zalecenia Polskiego Towarzystwa Leczenia Ran, Leczenie Ran, 2020, 17, s. 1-21.

Sozen I., Guldogan C.E., Kismet K., i wsp., Outpatient burn management and unnecessary referrals, Ulus Travma Acil Cerrahi Derg., 2015, 21(1), s. 27-33.

Stoy W.A., Platt T.E., Lejeune D.A., Ratownik medyczny, Wydawnictwo Elsevier Urban & Partner, Wrocław, 2013, 15, 21(2), s. 79-89.

Strohal R., Apelqvist J., Dissemmond J., i wsp., European Wound Management Association document, Debridement an updated overview and clarification of the principle role of debridement, J. Wound Care, 2013, s. 22-25.

Strong A.L., Ranganathan K., Chang E.T. i wsp., Diagnostyka, leczenie i badania oparzeń, Oparzenia: epidemiologia, leczenie i wpływ na funkcje mięśni i stawów, Nova Science Publishers Inc., 2014, s. 1-36.

Westgate S.J., Cutting K.C., In vitro evaluation of the single and multispecies bio film prevention capabilities of two wound irrigation solutions and atypical antiseptic, Leczenie Ran, 2014, 3, s. 109-113.

Witkowski W., Wykorzystanie opatrunków hydrożelowych w leczeniu wojennych ran oparzeniowych, *Chirurgia Plastyczna i Oparzenia*, 2019,7(2), s. 37-41.

Wyrzykowska M., Silver sulfathiazole in the treatment of burn wounds -case report, *Leczenie Ran*, 2022, s.119-122.

Yastı A.C., Senel E., Saydam M., i wsp., Guideline and Treatment Algorithm for Burn Injuries. *Ulus TravmaAcilCerrahiDerg.*, 2015, 21(2), s. 79-89.

Ogniskowy rozrost guzkowy u młodych dorosłych-analiza retrospektywna

Focal nodular hyperplasia in young adults – a retrospective analysis

Julita Sirak¹

¹Wydział Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu, Katedra Pielęgniarstwa, Uniwersytet Radomski im. Kazimierza Pułaskiego

Streszczenie

Zmiany ogniskowe wątroby diagnozowane u osób w młodym wieku stanowią bardzo istotny problem zarówno terapeutyczny, diagnostyczny jak i ekonomiczny. Wzrost popularyzacji różnego rodzaju badań obrazowych, takich jak: ultrasonografia, tomografia komputerowa czy rezonans magnetyczny przyczynił się do zwiększonego rozpoznawania zmian ogniskowych w wątrobie na wczesnym etapie. Ogniskowy rozrost guzkowy (FocalNodular-Hyperplasia-FNH) jest drugą co do częstości występowania zmianą ogniskową wątroby zaraz po naczyniaku. Cechą charakterystyczną jest występowanie w jej obrębie blizny centralnej. Sześć razy częściej obserwuje się go u kobiet, zwykle między 30 a 50 rokiem życia. FNH często przebiega bezobjawowo. Ból związany z uciskiem jest jednym z nielicznych objawów ogniskowego rozrostu guzkowego. W badaniu ultrasonograficznym zmiana ta jest opisywana jako hipoechogeniczny obszar, nie można jej jednak rozpoznać definitywnie w ultrasonografii. Leczenie ogniskowego rozrostu guzkowego polega na operacyjnym usunięciu zmiany bądź okresowym monitorowaniu poprzez wykonywanie badań obrazowych. Celem pracy jest analiza częstotliwości występowania ogniskowego rozrostu guzkowego u młodych dorosłych oraz korelacja kliniczna z badaniami laboratoryjnymi. Materiał do pracy stanowiły wyniki badań histopatologicznych i kompletne historie chorób pacjentów poniżej 40-tego roku życia z ogniskowym rozrostem guzkowym diagnozowanych w Katedrze i Zakładzie Patomorfologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego w latach 2002-2012. Łącznie zdiagnozowano 77 zmian o typie FNH, z czego kompletna dokumentacja medyczna liczyła 54 historie choroby. W przypadku badań laboratoryjnych sugerujących

obecność FNH, enzym GGTP wykazuje najczęściej nieprawidłowy poziom. Wczesne wykrycie zmian ogniskowych w wątrobie powoduje zmniejszenie kosztów leczenia, a co za tym idzie poprawę sytuacji finansowej w systemie opieki zdrowotnej. Należy dążyć do wykrywania ogniskowego rozrostu guzkowego już na etapie badań możliwych do wykonania w ramach podstawowej opieki zdrowotnej.

Słowa kluczowe: młodzi dorośli, ogniskowy rozrost guzkowy, zmiana ogniskowa wątroby

Abstract

Focal liver lesions diagnosed in young people constitute a very significant therapeutic, diagnostic and economic problem. The increasing popularity of various types of imaging tests, such as: ultrasonography, computed tomography and magnetic resonance imaging, has contributed to the increased recognition of focal liver lesions at an early stage. Focal nodular hyperplasia (FNH) is the second most common focal liver lesion after hemangioma. A characteristic feature is the presence of a central scar in its area. It is six times more common in women, usually between the ages of 30 and 50. FNH is often asymptomatic. Pain associated with pressure is one of the few symptoms of focal nodular hyperplasia. In an ultrasound examination, this lesion is described as a hypoechoic area, but it cannot be definitively diagnosed in ultrasonography. The treatment of focal nodular hyperplasia consists of surgical removal of the lesion or periodic monitoring by performing imaging tests. The aim of the study is to analyze the frequency of focal nodular hyperplasia in young adults and to correlate clinically with laboratory tests. The material for the study consisted of the results of histopathological tests and complete medical histories of patients under 40 years of age with focal nodular hyperplasia diagnosed at the Department of Pathomorphology of the Medical University of Warsaw in the years 2002-2012. A total of 77 FNH-type lesions were diagnosed, of which complete medical documentation consisted of 54 medical histories. In the case of laboratory tests suggesting the presence of FNH, the GGTP enzyme most often shows an abnormal level. Early detection of focal changes in the liver reduces treatment costs, and consequently improves the financial situation in the health care system. It is necessary to strive

to detect focal nodular hyperplasia already at the stage of tests that can be performed within the framework of primary health care.

Keywords: young adults, focal nodular hyperplasia, focal liver lesion

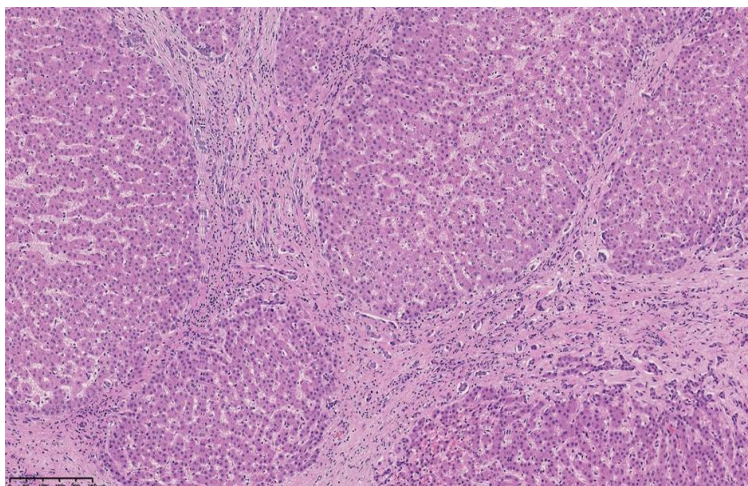
1. Wstęp

Zmianę o typie FNH po raz pierwszy opisał Edmondson w 1958 roku. W ostatnich latach uznano, że zmiana ta nie jest nowotworem łagodnym tylko najprawdopodobniej powstaje na podłożu malformacji naczyniowych (Szczeklik, 2020). Etiopatogeneza nie jest do końca poznana. W ostatnich latach wyróżniono dwie teorie powstawania ogniskowego rozrostu guzkowego. Pierwsza z nich to teoria naczyniowa według której nieprawidłowa tętnica dzieli się i tworzy kształt gwiazdy powodując w ten sposób oddzielenie małego fragmentu miększu i powstanie małego guzka. Druga z teorii, tak zwana teoria rozrostu klonalnego, opisuje powstanie guzka z komórki progenitorowej, która to z kolei może różnicować się zarówno w komórkę wątrobową bądź komórkę nabłonka dróg żółciowych. Doniesienia o roli leków antykoncepcyjnych i hormonalnej terapii zastępczej w przebiegu powstawania ogniskowego rozrostu guzkowego nie znalazły do końca potwierdzenia naukowego (Szczeklik, 2020; Chandrasegaram i in., 2015).

Ogniskowy rozrost guzkowy (ICD10-K76.8) występuje u 0,3% ludzi dorosłych. Sześć razy częściej obserwuje się go u kobiet, zwykle między 30 a 50 rokiem życia (Szczeklik, 2020; źródło: <https://onkologia.org.pl/pl/raporty>.) W Polsce dokładne dane statystyczne dotyczące zachorowalności lub umieralności z powodu zmian ogniskowych wątroby, dotyczą nowotworów złośliwych: raka pochodzącego z hepatocytów (rak wątrobowokomórkowy) oraz raka wywodzącego się z wewnątrzwątrobowych przewodów żółciowych (cholangiocarcinoma), które mimo odmiennej budowy morfologicznej w klasyfikacji chorób traktowane są łącznie (ICD10-C22). Dane te są analizowane i gromadzone w Krajowym

Rejestrze Nowotworów (źródło: <https://onkologia.org.pl/pl/raporty>).

Histologicznie ogniskowy rozrost guzkowy dzieli się na formę klasyczną i atypową. 80% FNH to postaci klasyczne z blizną centralną, z całkowicie wyodrębnionymi guzkami, poszerzonymi sinusoidami, malformacjami naczyńiowymi i licznymi przegrodami pomiędzy proliferującymi hepatocytami. Ponadto w jego obrębie występują cechy cholestazy, rozrost neocholangioli, a w niektórych przypadkach ogniskowe stłuszczenie hepatocytów. Blizna centralna zawiera zwykle 1 lub 2 duże naczynia oraz liczne małe tętniczki, w jej obrębie nie występują żyły wrotne. Natomiast gałęzie promieniście ukształtowanej blizny centralnej zawierają pojedyncze tętnice niesparowane z żyłami i przewodami żółciowymi (Rudolphi-Solero i in., 2021; Kumar i in., 2015). Całość obrazu przypomina marskość wątroby, co może stwarzać duże problemy w diagnostyce różnicowej, zwłaszcza prowadzonej za pomocą biopsji gruboigłowej. W obrębie FNH często pojawiają się nacieki zapalne limfocytarne lub mieszane (z domieszką granulocytów) (Ryc.1). Poza formą klasycznego FNH występują inne warianty, których klasyfikacja nie jest do końca ustalona, określane jako atypowe. Forma atypowa charakteryzuje się występowaniem atypii komórkowej i teleangiektazji. Oba typy ogniskowego rozrostu guzkowego mają w swojej budowie przewody żółciowe, komórki Kupffera, nie posiadają natomiast torebki (Rudolphi-Solero i in., 2021; Kumar i in., 2015; Myers i Ahn, 2020).



Rycina 1. Fragment blizny centralnej w FNH, hepatocyty prawidłowe, HEx200. Źródło: fotografia autorska – z archiwum Katedry i Zakładu Patomorfologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego)

Makroskopowo ogniskowy rozrost guzkowy jest zmianą bładą, dobrze odgranieczoną, uciskającą sąsiednie hepatocyty, sięgającą od kilku milimetrów do nawet więcej niż 10 centymetrów. W swojej budowie posiadają charakterystyczne zagłębienie odpowiadające bliznie centralnej. Formy wczesne bądź niekompletne ogniskowego rozrostu guzkowego mogą nie posiadać w swojej budowie centralnej blizny, w zamian za to może pojawiać się zastój żylny. Wątroba poza zmianą jest zwykle prawidłowa, czasem mogą występować inne zmiany naczyniowe (Myers i Ahn, 2020; LeGout i in., 2022).

FNH często przebiega bezobjawowo. Ból związany z uciskiem jest jednym z nielicznych objawów ogniskowego rozrostu

guzkowego. W badaniu ultrasonograficznym zmiana ta jest opisywana jako hipoechogeniczny obszar, nie można jej jednak rozpoznać definitywnie w ultrasonografii. Obraz ogniskowego rozrostu guzkowego w tomografii komputerowej charakteryzuje się wzmocnieniem naczyń, blizną centralną oraz wypłukaniem kontrastu w fazie żyłnej. Natomiast obraz w rezonansie magnetycznym charakteryzuje się wzmocnieniem w fazie T2. Biopsja cienkoigłowa nie jest wskazana ze względu na ewentualne ryzyko krwawienia (LeGout i in., 2022; Reizine i in., 2022).

Leczenie ogniskowego rozrostu guzkowego polega na operacyjnym usunięciu zmiany bądź okresowym monitorowaniu poprzez wykonywanie badań obrazowych. Występuje kilka istotnych wskazań do leczenia operacyjnego:

- pęknięcie lub krwotok do jamy otrzewnej;
- zmiana jest wielkości powyżej 10 cm i stale się powiększa;
- planowana w przyszłości ciąża;
- wątpliwości diagnostyczne, w tym podejrzenie nowotworu złośliwego (Hau i in., 2015; Roncalli i in., 2016; Su i in., 2020).

2. Cel pracy

Celem pracy jest analiza częstotliwości występowania ogniskowego rozrostu guzkowego u młodych dorosłych oraz korelacja kliniczna z badaniami laboratoryjnymi.

3. Materiały i metody

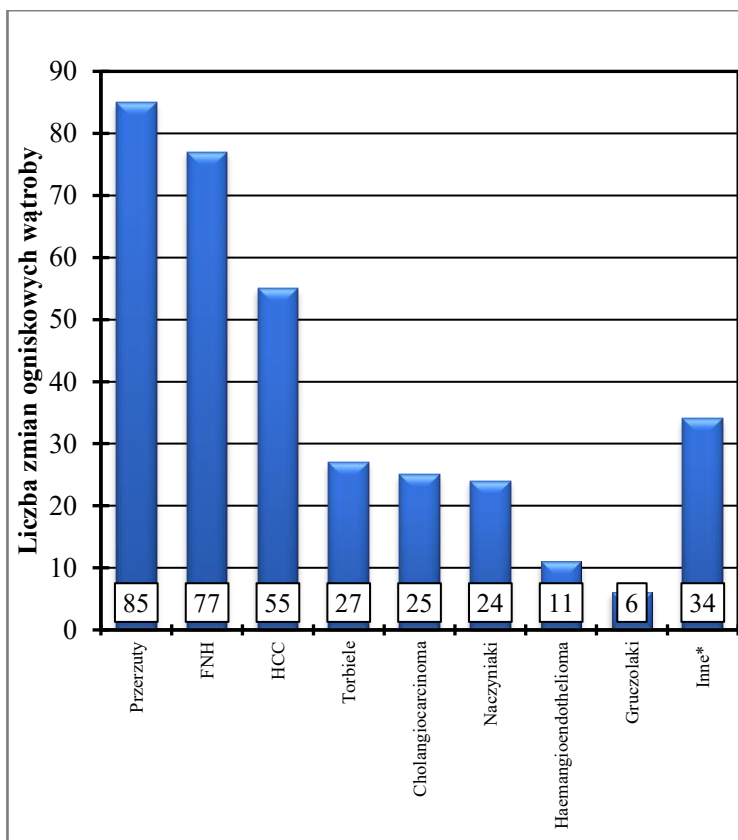
Materiał do pracy stanowiły wyniki badań histopatologicznych i kompletne historie chorób pacjentów poniżej 40-tego roku

życia z ogniskowym rozrostem guzkowym leczonym operacyjnie w Katedrze i Klinice Chirurgii Ogólnej, Transplantacyjnej i Wątroby Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego oraz diagnozowanych w Katedrze i Zakładzie Patomorfologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego w latach 2002-2012. Ogniskowy rozrost guzkowy zdiagnozowano u 77 pacjentów poniżej 40-tego roku życia. W grupie 54 pacjentów z kompletną dokumentacją medyczną skorelowano wyniki badań enzymów wątrobowych i markerów nowotworowych. Metodyka badań obejmowała procedury histologiczne, w tym barwienie HE.

4. Wyniki

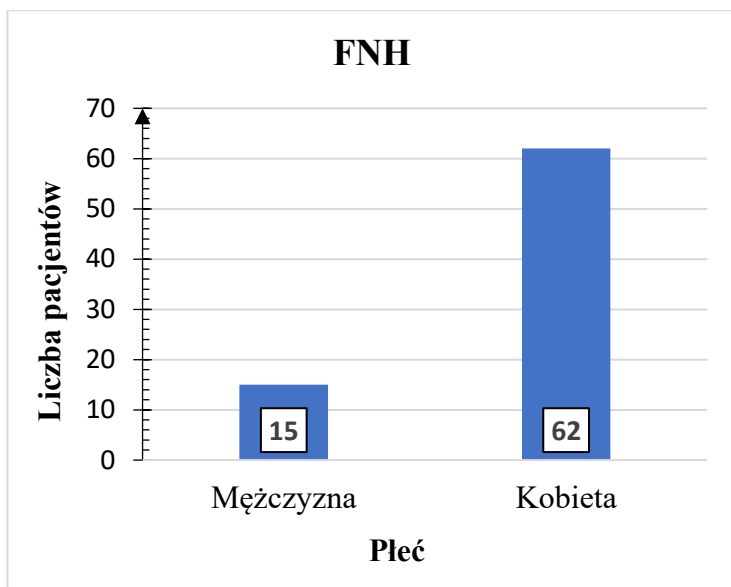
Epidemiologia zmian o typie ogniskowego rozrostu guzkowego w latach 2002 – 2012 zdiagnozowana w Katedrze i Zakładzie Patomorfologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego.

Zmiany ogniskowe w wątrobie u młodych dorosłych rozpoznawane są coraz częściej. W latach 2002-2012 w Katedrze i Zakładzie Patomorfologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego zdiagnozowano 344 zmiany ogniskowe wątroby u 337 pacjentów, z czego 77 przypadków klinicznych to ogniskowy rozrost guzkowy. Stanowiło to drugą co do częstości najczęściej diagnozowaną zmianą ogniskową u pacjentów poniżej 40-tego roku życia (Ryc. 2).



Rycina 2. Najczęściej zdiagnozowane zmiany ogniskowe wątroby u młodych dorosłych w latach 2002-2012. Źródło: opracowanie własne. *Inne: hepatoblastoma, cholangioma, cystadenoma, angiomoliopoma, ziarniniaki, ropień

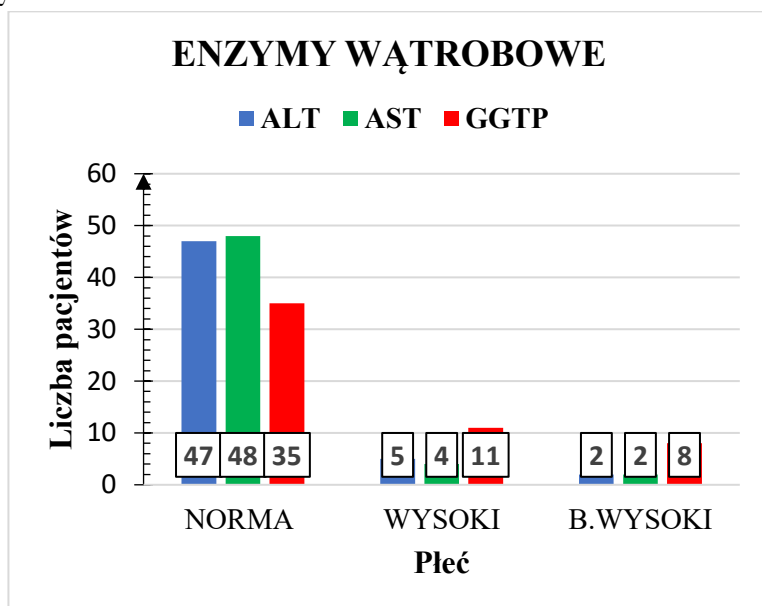
Ogniskowy rozrost guzkowy to zmiana ogniskowa wątroby, która znacznie częściej była diagnozowana u młodych kobiet (Ryc. 3).



Rycina 3. Podział FNH ze względu na płeć. Opracowanie własne

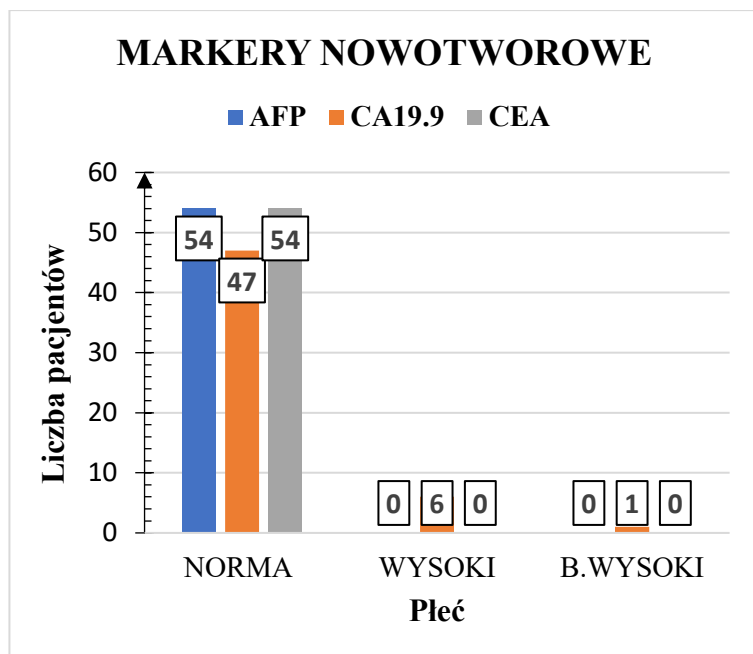
W pracy postanowiono sprawdzić wyniki poszczególnych enzymów wątrobowych: aminotransferazy alaninowej (ALT), aminotransferazy asparaginianowej (AST), gammaglutamylotranspeptydazy (GGTP) oraz markerów nowotworowych, które w przypadku niepojących objawów ze strony układu pokarmowego najczęściej są podwyższone: CA 19-9, CEA oraz alfafetoproteiny (AFP). Próby wątrobowe to badania określające aktywności poszczególnych enzymów obecnych w komórkach wątrobowych oraz stężeń substancji wytwarzanych i przekształcanych przez komórki wątrobowe. Służą to do wykrywania i oceny uszkodzenia hepatocytów, zaburzeń syntezy białek oraz zmian ich aktywności powodowanych przez cholestazę (Ryc. 4). Analiza korelacji

klinicznych została przeprowadzona u 54 pacjentów z kompletną dokumentacją medyczną, w tym z wynikami badań laboratoryjnych.



Rycina 4. Wyniki poszczególnych enzymów wątrobowych u młodych dorosłych z FNH. Opracowanie własne

U pacjentów poniżej 40-tego roku życia ze zdiagnozowaną zmianą o typie FNH, najczęściej nieprawidłowy był poziom gammaglutamylotranspeptydazy (GGTP).



Rycina 5. Wyniki poszczególnych markerów nowotworowych u pacjentów z FNH będących w grupie wiekowej 18-40 r.ż. Opracowanie własne

W przypadku markerów nowotworowych nie ma istotnych nieprawidłowości, jedynie antygen CA 19-9 nieznacznie był podwyższony u młodych dorosłych z ogniskowym rozrostem guzkowym.

5. Dyskusja

Problemem zmian ogniskowych w wątrobie u młodych osób zajmowali się również inni, m. in. Gezzar Ortega, który wraz

ze swoimi współpracownikami badał tę zmianę w grupie dzieci. Dokonano wówczas retrospektywnego przeglądu historii chorób dzieci z FNH ze szpitala Johna Hopkinsa w Baltimore od stycznia 1998 do grudnia 2008 roku. Dowiedziono, że zmiana ta występuje częściej u dzieci płci żeńskiej (Ortega i in., 2013). Wyniki moich badań również potwierdzają, iż zmiana ta częściej występuje u kobiet.

Naganuma H. i jego współpracownicy również przeprowadzili badania ogniskowego rozrostu guzkowego. Ich grupę badawczą stanowiły 53 osoby z FNH między 30 a 60 rokiem życia pochodzące z Japonii. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że FNH częściej występuje u mężczyzn zamieszkujących kraje azjatyckie w porównaniu z doniesieniami z krajów europejskich, gdzie FNH diagnozowany jest częściej u kobiet. Ponadto stwierdzono, iż choroby metaboliczne w badanej grupie częściej współwystępowały u mężczyzn niż u kobiet (Naganuma i in., 2017).

Problemem ogniskowego rozrostu guzkowego zajmowali się również tureccy uczeni. Cemil Gürses i jego współpracownicy dokonali analizy studium przypadku 11-letniego chłopca z FNH przez okres 12 lat od 2003 do 2015 roku. W tym czasie pacjent miał wykonywane badania obrazowe (w tym tomografię komputerową), które były korelowane z wynikami enzymów wątrobowych AST, ALT i GGTP. Na przestrzeni wielu lat obserwacji najbardziej podwyższony był enzym GGTP. Ponadto zaobserwowano pewną zależność między rozmiarem guza a wynikami enzymów wątrobowych. Wyniki enzymów wątrobowych były w normie, kiedy powiększał się rozmiar guza, natomiast kiedy objętość guza malała

wyniki enzymów wątrobowych, głównie GGTP, znacząco rosły (Ji i in., 2016; Gürses i in., 2017; Islam i in., 2019).

W pracy analizowano także badania laboratoryjne, w tym enzymy wątrobowe i markery nowotworowe. Również najczęściej nieprawidłowy był enzym gammaglutamy lotranspeptydaza. Wyniki pracy są porównywalne w innymi autorami, którzy analizowali FNH wśród różnych pacjentów.

6. Wnioski

1. Ogniskowy rozrost guzkowy to najczęstsza zmiana nienowotworowa wątroby rozpoznawana przypadkowo u młodych dorosłych.
2. Najczęściej diagnozowana u młodych kobiet, powstaje na podłożu malformacji naczyniowych.
3. W przypadku badań laboratoryjnych sugerujących obecność FNH, enzym GGTP wykazuje najczęściej nieprawidłowy poziom, który potwierdzają badania również innych uczonych zajmujących się zagadnieniem FNH.
4. Wyniki markerów nowotworowych nie mają istotnego znaczenia w diagnostyce zmian o typie FNH.

7. Literatura

Chandrasegaram MD, Shah A, Chen JW, Ruszkiewicz A, Astill DS, England G, Raju RS, Neo EL, Dolan PM, Tan CP, Brooke-Smith M, Wilson T, Padbury RT, Worthley CS. Oestrogen hormone receptors in focal nodular hyperplasia. *HPB (Oxford)*. 2015 Jun;17(6):502-7. doi: 10.1111/hpb.12387. Epub 2015 Feb 28. PMID: 25728618; PMCID: PMC4430780.

Gürses C. et al. Natural course of hepatic nodular hyperplasia from childhood to adulthood and review of the literature; *Tur J Gastroenterol* 2017;28: 492-7

Hau HM, Atanasov G, Tautenhahn HM, Ascherl R, Wiltberger G, Schoenberg MB, Morgül MH, Uhlmann D, Moche M, Fuchs J, Schmelzle M, Bartels M. The value of liver resection for focal nodular hyperplasia: resection yes or no? *Eur J Med Res*. 2015 Oct 22;20:86. doi: 10.1186/s40001-015-0181-x. PMID: 26494164; PMCID: PMC4619214.

Islam N, Halder A, Ghosh R, Banerjee S, Mishra PK, Chatterjee U. Focal nodular hyperplasia of the liver in children: A report of 2 cases. *Indian J PatholMicrobiol*. 2019 Apr-Jun;62(2):261-265. doi: 10.4103/IJPM.IJPM_396_18. PMID: 30971551.

Ji Y, Chen S, Xiang B, Wen T, Yang J, Zhong L, Li F, Li L. Clinical Features of Focal Nodular Hyperplasia of the Liver in Children. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2016 Jun;62(6):813-8. doi: 10.1097/MPG.0000000000001094. PMID: 26704863.

Kumar V. Cotran R. Robbins S. „Robbins Patologia”; Urban&Partner, Wrocław 2015, str. 677-730.

LeGout JD, Bolan CW, Bowman AW, Caserta MP, Chen FK, Cox KL, Sanyal R, Toskich BB, Lewis JT, Alexander LF. Focal Nodular Hyperplasia and Focal Nodular Hyperplasia-like Lesions. *Radiographics*. 2022 Jul-Aug;42(4):1043-1061.doi: 10.1148/rg.210156. Epub 2022 Jun 10. PMID: 35687520.

Myers L, Ahn J. Focal Nodular Hyperplasia and Hepatic Adenoma: Evaluation and Management. *Clin Liver Dis*. 2020 Aug;24(3):389-403. doi: 10.1016/j.cld.2020.04.013. Epub 2020 Jun 3. PMID: 32620279.

Naganuma H. et al. Focal nodular hyperplasia: our experience of 53 Japanese cases; *J Med. Ultrason* 2017 Jan;44(1):79-88

Ortega G. et al. Multidisciplinary management of focal nodular hyperplasia in children experience with 10 cases; *JAMA Surg*. 2013;148(11):1068-1070.

Reizine E, Mulé S, Luciani A. Focal Benign Liver Lesions and Their Diagnostic Pitfalls *Radiol Clin North Am*. 2022 Sep;60(5):755-773. doi: 10.1016/j.rcl.2022.05.005. Epub 2022 Jul 4. PMID: 35989043.

Roncalli M, Sciarra A, Tommaso LD. Benign hepatocellular nodules of healthy liver: focal nodular hyperplasia and hepatocellular adenoma. *Clin Mol Hepatol*. 2016 Jun;22(2):199-211. doi: 10.3350/cmh.2016.0101. Epub 2016 May 18. PMID: 27189732; PMCID: PMC4946404.

Rudolphi-Solero T, Triviño-Ibáñez EM, Medina-Benítez A, Fernández-Fernández J, Rivas-Navas DJ, Pérez-Alonso AJ, Gómez-Río M, Aroui-Luquin T, Rodríguez-Fernández A.

DifferentialDiagnosis of Hepatic Mass with Central Scar: Focal-NodularHyperplasiaMimickingFibrolamellarHepatocellular Carcinoma. *Diagnostics (Basel)*. 2021 Dec 27;12(1):44. doi: 10.3390/diagnostics12010044. PMID: 35054211; PMCID: PMC8775045.

Su N, Chen C, Dai Q, Wang L, Yang M, Xia Y, Jiang Y, Lv K. Focal nodular hyperplasia on an accessory liver lobe: A case report and literature review. *Medicine (Baltimore)*. 2020 Jul 24;99(30):e21357. doi: 10.1097/MD.00000000000021357. PMID: 32791740; PMCID: PMC7386996.

Szczeklik A. *Choroby wewnętrzne*; Wyd. Medycyna Praktyczna, Kraków 2020, str. 906-921.

Źródła internetowe:

<https://onkologia.org.pl/pl/raporty>.

Choroby przewodu pokarmowego o etiologii infekcyjnej

Infectious diseases of the gastrointestinal tract

**Mariola Mendrycka¹, Zuzanna Trzeźniewska-Ofiara², Natalia Wlazło¹, Jarosław Kosek³,
Agnieszka Woźniak-Kosek⁴**

¹ Katedra Pielęgniarstwa, Wydział Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Radomski im. K. Pułaskiego w Radomiu

² Zakład Diagnostyki Laboratoryjnej, Mazowiecki Szpital Specjalistyczny Sp. z o.o. w Radomiu

³ Klinika Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej z Kliniknym Oddziałem Chirurgii Czaszkowo-Szczękowo-Twarzowej Centralny Szpital Kliniczny MON, Wojskowy Instytut Medyczny – PIB w Warszawie

⁴ Zakład Diagnostyki Laboratoryjnej, Centralny Szpital Kliniczny MON, Wojskowy Instytut Medyczny – PIB w Warszawie

Streszczenie

Wprowadzenie i cel: Infekcje przewodu pokarmowego stanowią istotny problem zdrowotny o charakterze globalnym, dotyczący ludzi we wszystkich grupach wiekowych. Częstość ich występowania jest powiązana z licznymi podróżami do krajów endemicznych, zaniedbywaniem podstawowych zasad higieny i nie przestrzeganiem obowiązujących procedur sanitarnych dotyczących dystrybucji żywności w krajach docelowych. Celem pracy jest szczegółowe omówienie najważniejszych czynników zakaźnych odpowiedzialnych za choroby przewodu pokarmowego.

Metody przeglądu: W opracowaniu wykorzystano artykuły dostępne w bazach danych Google Scholar i PubMed.

Stan wiedzy: Fizjologiczna mikrobiota pełni kluczową rolę w ochronie organizmu przed różnymi infekcjami, uczestniczy w trawieniu długołańcuchowych węglowodanów i włókien pokarmowych, produkcji krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, syntezie witamin oraz regulacji odpowiedzi immunologicznej. Dodatkowo przyczynia się do utrzymania równowagi metabolicznej.

Powszechnie wiadomo, że ostre wirusowe zakażenia układu pokarmowego są najczęstszą przyczyną biegunki i zaburzeń żołądkowo-jelitowych. Infekcje bakteryjne jelit najczęściej wynikają z spożycia skażonej żywności, zawierającej patogeny lub ich toksyny, co prowadzi do tzw. „zatrucia pokarmowego”. Obserwuje się również znaczący wzrost częstości zarażeń pasożytami związanymi z produkcją żywności na masową skalę oraz rozpoznawaniem nowych patogenów i chorób pasożytniczych. Zjawisko to jest efektem zmian cywilizacyjnych oraz związanym z nim intensywnym rozwojem turystyki. Istotnym

problemem jest również oporność patogenów na stosowane leki. Kluczowe metody prewencji obejmują utrzymanie wysokiego standardu higieny rąk i całego ciała, przestrzeganie zasad przygotowania i spożywania posiłków oraz stosowanie środków zapobiegających zakażeniu.

Podsumowanie: Edukacja społeczeństwa w zakresie epidemiologii, objawów, diagnostyki, metod leczenia oraz prewencji jest kluczowa dla zapewnienia zdrowia publicznego. Upowszechnienie obecnie obowiązującej wiedzy sanitarnej z wykorzystaniem najnowszych metod edukacyjnych, powinno przelożyć się na zwiększenie świadomości społecznej, co w efekcie pozwoli na skuteczne stosowanie metod prewencji zapobiegających szerzeniu się infekcji.

Słowa kluczowe: infekcje przewodu pokarmowego, zakażenia wirusowe, zakażenia bakteryjne, zakażenia grzybicze, zarażenia pasożytnicze

Abstract

Introduction and aim: Gastrointestinal infections are a significant global health problem affecting people of all age groups. Their incidence is associated with frequent travel to endemic countries, neglect of basic hygiene rules and the speed and availability of local food distribution. The aim of this work is to provide a detailed discussion of the most important infectious factors responsible for gastrointestinal diseases.

Review methods: The study used articles available in the Google Scholar and PubMed databases.

State of knowledge: Physiological microbiota plays a key role in protecting the body against various infections, participates in the digestion of long-chain carbohydrates and dietary fibers, the production of short-chain fatty acids, the synthesis of vitamins and the regulation of the immune response. Additionally, it contributes to maintaining metabolic balance. At the global level, acute viral infections of the digestive tract are the most common cause of acute diarrhea and gastrointestinal disorders. Intestinal bacterial infections most often result from the consumption of contaminated food containing pathogens or their toxins, which leads to the so-called "food poisoning". There has also been a significant increase in the frequency of parasitic infections associated with the food industry and the increasing recognition of new pathogens and parasitic diseases. This phenomenon is largely the result of civilization changes and the intensive development of tourism. Another significant problem is the resistance of pathogens to the drugs used. Key prevention methods include maintaining a high standard of hand and body hygiene, following

the rules for preparing and eating meals, and using measures to prevent infection.

Summary: Educating the public on epidemiology, symptoms, diagnostics, treatment methods and prevention is crucial to ensuring public health. The more often educational methods are implemented and used, the greater the social awareness will be, which will ultimately translate into more effective use of health protection measures and infection prevention.

Keywords: gastrointestinal infections, viral infections, bacterial infections, fungal infections, parasitic infections

1. Wstęp

Obecnie zakażenia przewodu pokarmowego człowieka stanowią istotny problem dotyczący ludzi we wszystkich grupach wiekowych. Częstość występowania tych zakażeń jest ściśle związana z rozwojem turystyki – częstymi podróżami do krajów endemicznego występowania patogenów, nieprzestrzeganiem zalecanych procedur prewencyjnych higienicznych oraz niewłaściwą obróbką i dystrybucją lokalnej żywności (Nowakowska i in., 2021).

Do najczęstszych czynników etiologicznych biegunek wirusowych, przenoszonych przez skażoną żywność, należą Norowirusy. Rotawirusy odpowiadają za największą liczbę przypadków zapaleń żołądkowo-jelitowych. Bakterie z rodzajów *Salmonella* i *Campylobacter* stanowią również istotny problem infekcyjny przewodu pokarmowego (Nowakowska i in., 2021; de Graaf i in., 2017). W rejonach występowania chorób endemicznych w krajach rozwijających się na obszarach, takich jak Afryka, Azja Południowo-Wschodnia, Ameryka Łacińska oraz wschodnia część Basenu Morza Śródziemnego, nadal dominują „stare” czynniki etiologiczne biegunek, wywołujące ciężkie zakażenia pokarmowe (m.in. *Vibrio cholerae*, *Salmonella Typhi*, *Salmonella Paratyphi*) (Nowakowska i in., 2021; Panasiuk, 2023).

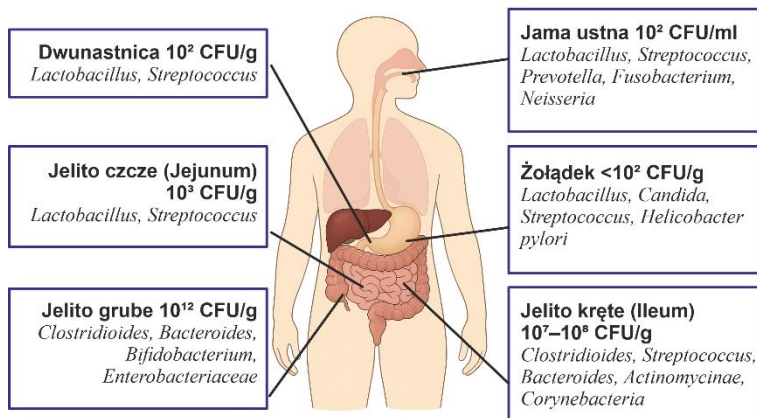
Zarówno w krajach rozwijających się, jak i rozwiniętych, na infekcje pokarmowe najbardziej narażone są dzieci poniżej 5 roku życia. W tej grupie wiekowej najczęściej diagnozuje się biegunki o etiologii rotawirusowej, które cechują się ciężkim przebiegiem, często wymagającym hospitalizacji, a rocznie prowadzą do około

500 tysięcy zgonów ((Nowakowska i in., 2021; Jaworski i in., 2016).

W Polsce najczęstszą przyczyną biegunek bakteryjnych są pałeczki *Salmonella*, natomiast w przypadku biegunek wirusowych dominują rotawirusy. Jednocześnie obserwuje się niższą zapadalność na zakażenia wywołane przez *Shigella*, *Campylobacter* oraz Norowirusy (Nowakowska i in., 2021).

1.1 Mikrobiota przewodu pokarmowego człowieka

Przewód pokarmowy człowieka jest kolonizowany przez miliardy drobnoustrojów, tworzących złożony ekosystem określany mianem „mikrobioty”. Termin ten odnosi się do całokształtu mikroorganizmów zasiedlających określoną niszę ekologiczną organizmu w warunkach homeostazy np. mikrobiota jamy ustnej czy okrężnicy. W skład mikrobioty wchodzi różnorodne bakterie, grzyby, wirusy oraz eukarioty (Ryc. 1). Szacuje się, że mikrobiota składa się z około 10^{14} CFU/ml bakterii, z czego 70% znajduje się w jelicie grubym (Panasiuk, 2023; Jaworski i in., 2016; Bulanda i in., 2023); gdzie CFU oznacza jednostkę tworzącą kolonię (ang. colony forming unit).



Rycina 1. Kolonizacja i skład taksonomiczny bakterii w przewodzie pokarmowym (na podstawie Bulanda i in., 2023).

Fizjologiczna mikrobiota pełni kluczową rolę w ochronie organizmu przed licznymi infekcjami, bierze udział w trawieniu długolącuchowych węglowodanów i włókien pokarmowych, produkcji krótkolącuchowych kwasów tłuszczowych, syntezie witamin oraz regulacji odpowiedzi immunologicznej. Dodatkowo przyczynia się do utrzymania równowagi metabolicznej (Jaworski i in., 2016; Lloyd-Price i in., 2016; Kazimierska i in., 2019; Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023).

Przewód pokarmowy człowieka ma na celu przyjmowanie, trawienie oraz wchłanianie składników odżywczych. Każdy odcinek przewodu pokarmowego różni się pod względem motoryki, składu środowiska (pH), wydzielania enzymów trawiennych i immunoglobulin, a także w zakresie wydzielania i wchłaniania różnych substancji (Galecka i in., 2018; Panasiuk, 2023).

Górny odcinek przewodu pokarmowego, obejmujący jamę ustną, gardło oraz przełyk, nie jest zasiedlany przez mikrobiotę jelitową. Wynika to głównie z krótkiego czasu przebywania pokarmu w tych miejscach (Bulanda i in., 2023).

Kolonizacja jamy ustnej rozpoczyna się tuż po porodzie, kiedy to w jej mikrobiocie dominują bakterie Gram-dodatnie, głównie ziarenkowce z rodzaju *Streptococcus* (np. *S. salivarius*, *S. oralis*, *S. mitis*), a w mniejszym stopniu laseczki z rodzaju *Lactobacillus*. W kolejnych miesiącach pojawiają się także bakterie beztlenowe z rodzajów *Fusobacterium*, *Prevotella* i *Veillonella*. Stabilizacja mikrobioty następuje u młodych dorosłych, gdzie oprócz wyżej wymienionych bakterii, obecne są również bakterie z rodzajów, *Haemophilus*, *Rothia*, *Peptostreptococcus* i *Cutibacterium*. Większość z tych drobnoustrojów znajduje się na błonie śluzowej, kieszonkach dziąseł oraz płytce nazębnej. W ślinie obecne są również bakterie charakterystyczne dla skóry (z rodziny *Staphylococcaceae* i *Propionibacteriaceae*), gleby i wód gruntowych (z rodziny *Burkholderiaceae* i *Comamonadaceae*). Jamę ustną zasiedlają także grzyby z rodzajów *Candida*, *Saccharomyces*, *Cryptococcus*, *Penicillium* i *Fusarium*. Badania molekularne pozwoliły również na identyfikację wirusów, takich jak cirkowirusy i herpeswirusy (Jaworski i in., 2016; Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023)

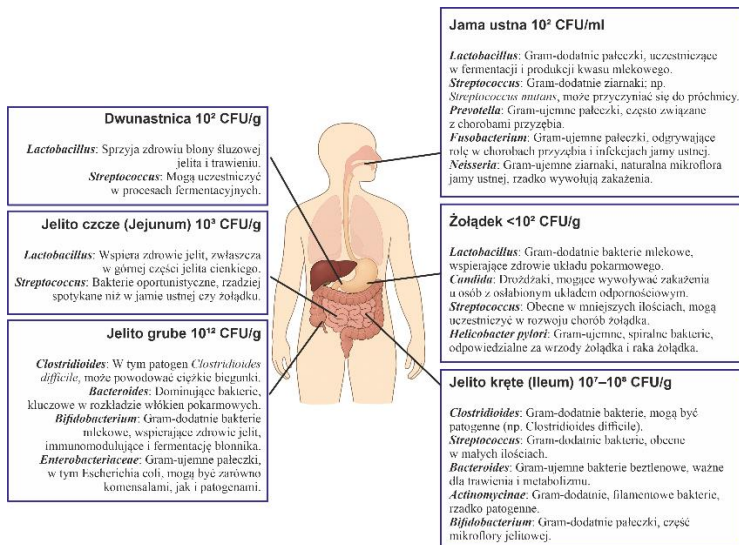
W żołądku panuje niskie pH, co sprawia, że populacja drobnoustrojów jest niewielka i stosunkowo mniej różnorodna w porównaniu do jelit. Szybki pasaż pokarmu i obecność dużej ilości kwasów żółciowych ograniczają rozwój mikroorganizmów również w dwunastnicy oraz w początkowym odcinku jelita cienkiego. W dalszych odcinkach przewodu pokarmowego, gdzie pasaż pokarmu jest już wolniejszy, możliwa jest większa

kolonizacja bakteryjna, zarówno na błonie śluzowej, jak i w świetle jelita (Rooks i in., 2016; Bulanda i in., 2023; Panasiuk, 2023).

Mikrobiota jelitowa składa się głównie z dwóch rodzajów bakterii: *Bacteroides* oraz *Firmicutes*, które stanowią około 90% wszystkich drobnoustrojów jelitowych. W populacji europejskiej dominują bakterie z rodzajów *Proteobacteria* i *Firmicutes*, co jest związane z dietą bogatą w białka zwierzęce, tłuszcze, cukry i skrobię, a ubogą w błonnik. Z kolei w populacji afrykańskiej przeważają bakterie *Bacteroides* i *Actinobacteria*, co jest wynikiem diety wegetariańskiej, bogatej w błonnik oraz wodorowęglany (Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023).

Skład mikrobioty przewodu pokarmowego w dużej mierze zależy od nawyków żywieniowych oraz jakości spożywanego pokarmu. Produkty zawierające dużą ilość konserwantów, utwardzonych tłuszczów oraz częsta antybiotykoterapia mogą negatywnie wpływać na ekosystem jelit, sprzyjając rozwojowi bakterii dysbiotycznych oraz grzybów patogennych. Takie zmiany mogą prowadzić do chorób jelit oraz chorób ogólnoustrojowych (Chu i in., 2016; Heiman i Greenway, 2016; Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023). Stan ten określany jest jako dysbioza.

Skład flory fizjologicznej różni się w zależności od odcinka przewodu pokarmowego. W stanach chorobowych mogą pojawić się drobnoustroje, które często są przyczyną biegunek (Ryc. 2).



Rycina 2. Kolonizacja przewodu pokarmowego drobnoustrojami w warunkach fizjologicznych oraz stanach chorobowych (Jaworski i in., 2016; Bulanda i in., 2023)

Zaburzenia w składzie fizjologicznej flory mogą prowadzić do chorób przewodu pokarmowego oraz chorób ogólnoustrojowych, takich jak celiakia czy cukrzyca typu II (Tab. 1).

Tabela 1. Choroby związane z mikrobiotą przewodu pokarmowego na podstawie (Panasiuk, 2023).

CHOROBY PRZEWODU POKARMOWEGO	CHOROBY OGÓLNOUSTROJOWE
• Choroby zapalne jamy ustnej i przyzębia • Zapalenie żołądka, rak żołądka (<i>Helicobacter pylori</i>) • Zespół jelita nadwrażliwego • Nieswoiste zapalne choroby jelit (wrzodziejące zapalenie jelita grubego, choroba Leśniowskiego- Crohna) • Biegunka o etiologii <i>Clostridium difficile</i> • Zespół rozrostu bakteryjnego jelita cienkiego (SIBO) • Rak jelita grubego • Choroba uchylkowa jelita grubego	• Cukrzyca typu II • Zespół metaboliczny • Niealkoholowe stłuszczenie wątroby (NAFLD) • Otyłość • Autyzm • Niedokrwistość mikrocytarna • Choroby autoimmunologiczne, np. celiakia • Inne

1.2 Infekcje wirusowe przewodu pokarmowego

W skali całego świata ostre wirusowe zakażenia układu pokarmowego stanowią największy odsetek infekcji. Ostre biegunki o podłożu wirusowym są najczęstszą przyczyną zaburzeń żołądkowo-jelitowych. Co roku diagnozuje się około 70 milionów przypadków biegunek o etiologii wirusowej u dzieci poniżej 5. roku życia zamieszkujących kraje rozwijające się, gdzie często występuje niski poziom higieny, ograniczona świadomość społeczna, utrudniony dostęp do opieki zdrowotnej,

niedożywienie, osłabiona odporność oraz zanieczyszczona woda pitna. Około 1–1,5 miliona z tych przypadków kończy się zgonem (Sobieraj-Garbiak i Drożdżyńska, 2015; Nowakowska i in., 2021).

Wirusowe zakażenia przewodu pokarmowego przenoszą się głównie drogą fekalno-oralną, a także poprzez kontakt ze skażoną żywnością i wodą. Niektóre wirusy mogą być przenoszone drogą kropelkową w postaci aerozolu (Wróblewska i Dzieciatkowski, 2017; Panasiuk, 2023).

Rotawirusy i adenowirusy są częściej rozpoznawane u dzieci poniżej 5. roku życia i stanowią główną przyczynę ich hospitalizacji. U dorosłych większy odsetek zakażeń wywołują norowirusy (Nowakowska i in., 2021; Panasiuk, 2023).

Adenowirusy są rozpoznawane na całym świecie. Są one odporne na różne detergenty, wysychanie oraz wydzieliny układu pokarmowego, takie jak kwas żołądkowy, żółć i proteazy. Okres inkubacji wynosi 8–10 dni, a objawy zakażenia utrzymują się przez 1–2 tygodnie. Adenowirusy przenoszą się głównie drogą fekalno-oralną, ale można się nimi zarazić także poprzez spożycie zanieczyszczonej żywności lub wody, kontakt ze skażonymi powierzchniami oraz drogą kropelkową. Przebieg choroby jest zazwyczaj łagodny, jednakże mogą wystąpić przypadki ciężkiej biegunki prowadzącej do odwodnienia, a nawet zgonu. Objawy obejmują nagle pogorszenie samopoczucia, nudności i wymioty (częściej u dzieci), ogólne osłabienie, bóle brzucha, wodnistą biegunkę (głównie u dorosłych) z częstotliwością do kilkunastu wypróżnień na dobę, podwyższoną temperaturę ciała, bóle mięśni oraz bóle głowy. W badaniu fizykalnym stwierdza się nadmierną tkliwość brzucha, podwyższoną temperaturę ciała oraz cechy odwodnienia, takie jak suchość skóry i błon śluzowych,

zmniejszoną elastyczność skóry, tachykardię i hipotonię. W przypadku odwodnienia może dojść do zaburzeń oddawania moczu, prowadzących do anurii lub ciemnego zabarwienia moczu. U osób starszych mogą wystąpić zaburzenia świadomości (Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023).

Rotawirusy należą do rodziny Reoviridae. Po wnikięciu do przewodu pokarmowego, infekują i niszczą dojrzałe komórki nabłonka walcowatego kosmków jelitowych w dwunastnicy, jelicie czczym oraz proksymalnym odcinku jelita krętego. W wyniku infekcji dochodzi do zmniejszenia powierzchni wchłaniania kosmków jelitowych, co prowadzi do biegunki wydzielniczej. Dodatkowo, upośledzenie działania enzymów rąbka szczoteczkowego oraz zaleganie niestrawionych dwucukrów powoduje biegunkę osmotyczną. Rotawirusy są odporne na zamrażanie, odmrażanie, działanie detergentów oraz pH w zakresie 3,5–10. Okres inkubacji wynosi 1–3 dni, a objawy ustępują po 3–8 dniach. Warto zauważyć, że u osób z prawidłową odpornością wydalanie wirusów w stolcu trwa około tygodnia. Natomiast u osób z zaburzeniami odporności okres ten może wydłużyć się do miesiąca lub dłużej, co zwiększa ryzyko zakażenia podczas kontaktu z ozdrowieńcem (Panasiuk, 2023; Burnett i in., 2017).

Zakażenie rotawirusami szerzy się głównie drogą fekalno-oralną, najczęściej przez zanieczyszczone ręce. Wirus jest wysoce zakaźny i może przetrwać na skórze, powierzchniach przedmiotów oraz meblach od kilku do kilkunastu godzin, co ułatwia transmisję poprzez kontakt z przedmiotami codziennego użytku, klamkami czy poręczami w miejscach publicznych. Częstym źródłem zakażenia są osoby pracujące przy produkcji i dystrybucji

żywności. Około 95% dzieci w wieku 3–5 lat zarażonych rotawirusami wymaga hospitalizacji. Rotawirusy są również drugą najczęstszą przyczyną biegunek podróżnych, zaraz po enterotoksycznych szczepach *E. coli* (Panasiuk, 2023; Woch i Pietkiewicz, 2019).

Zakażenie rotawirusami może przebiegać bezobjawowo (częściej u dorosłych) lub objawowo, z nagłym początkiem choroby, której towarzyszą wymioty, luźne stolce oraz niekiedy gorączka powyżej 39°C. W badaniu stolca można stwierdzić obecność leukocytów i erytrocytów (Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023; Burnett i in., 2017; Woch i Pietkiewicz, 2019).

Wirus Norwalk (norowirus), należący do rodziny *Caliciviridae*, jest przyczyną około 658 milionów zachorowań rocznie na świecie, z czego ponad 200 milionów to dzieci poniżej 5. roku życia. Każdego roku wirus Norwalk powoduje około 200 tysięcy zgonów, z czego 50-70 tysięcy dotyczy dzieci. Norowirus jest drugą najczęstszą przyczyną biegunek wirusowych u dzieci, zaraz po rotawirusach, a u dorosłych i osób starszych stanowi główną przyczynę jelitowych infekcji wirusowych. Sposób zakażenia jest podobny do innych wirusów, głównie drogą fekalno-oralną poprzez skażoną wodę i żywność, np. skorupiaki czy salate. Ze względu na wysoką zaraźliwość (już 18 cząsteczek wirusa może wywołać infekcję), norowirus może być również przenoszony drogą kropelkową, poprzez bezpośredni kontakt z osobą zakażoną oraz poprzez styczność z skażonymi przedmiotami (Nowakowska i in., 2021).

Okres inkubacji norowirusa wynosi 12–48 godzin, a objawy ustępują zwykle po 24–72 godzinach bez trwałych powikłań. Najbardziej zakaźne są osoby w fazie objawowej wirusa,

jednak wirus może być obecny w stolcu jeszcze przez dwa tygodnie po ustąpieniu objawów. Infekcja norowirusem objawia się dolegliwościami ze strony przewodu pokarmowego, takimi jak nudności, wymioty, ostra biegunka (wodniste stolce bez domieszek krwi) oraz bóle brzucha (Nowakowska i in., 2021; Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023).

1.3 Infekcje bakteryjne jelit

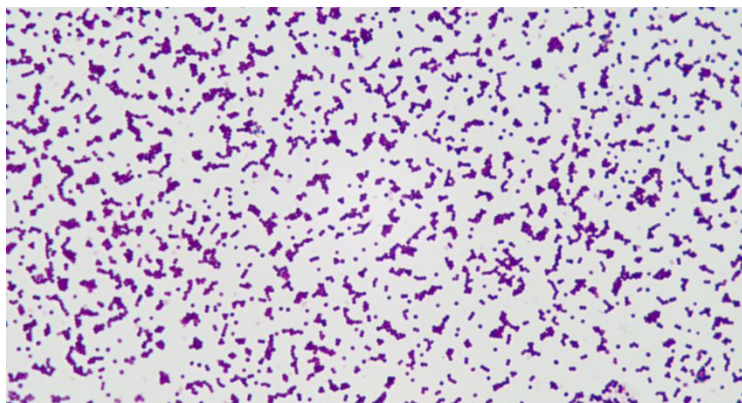
Choroby jelit o etiologii bakteryjnej najczęściej rozwijają się w wyniku spożycia skażonej żywności zawierającej drobnoustroje lub ich toksyny, co prowadzi do wystąpienia tzw. „zatrucia pokarmowego”. Do najczęstszych czynników wywołujących zatrucia pokarmowe należą toksyny produkowane przez bakterie *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* oraz *Clostridium botulinum*. Z kolei infekcje jelita cienkiego są najczęściej spowodowane przez *Vibrio cholerae* oraz enterotoksyczne, enteropatogenne i enteroagregacyjne szczepy *Escherichia coli*. Infekcje jelit, zarówno cienkiego, jak i grubego, mogą być również wywołane przez bakterie *Campylobacter jejuni*, *Yersinia* spp. oraz *Salmonella* spp. Natomiast infekcje jelita grubego są najczęściej związane z obecnością enterokrwotocznych szczepów *E. coli*, *Shigella* spp. oraz *Clostridioides difficile* (Sobieraj-Garbiak i Drożdżyńska, 2015; Panasiuk, 2023).

W Polsce, w latach 2005–2015, najwięcej przypadków zatruc pokarmowych odnotowano w związku z zakażeniem pałeczkami *Salmonella*, które stanowiły 80,55% wszystkich zgłoszonych przypadków. Na kolejnych miejscach znalazły się bakterie nieokreślone (16,66%), gronkowiec złocisty

(*Staphylococcus aureus*) – 2,05%, a także grupa innych bakterii, w tym *B. cereus* i *Vibrioparahaemolyticus* – 0,38%, *C. botulinum* – 0,29% oraz *C. perfringens* – 0,07% (Świerszcz i in., 2017).

Objawy zatrucia pokarmowego mogą wystąpić już po 1-8 godzinach od spożycia skażonego pokarmu zawierającego toksyny, natomiast choroby o etiologii infekcyjnej rozwijają się nieco dłużej, z pierwszymi objawami pojawiającymi się zwykle po 8-24 godzinach (Panasiuk, 2023).

Jednym z głównych czynników etiologicznych zatruc pokarmowych jest gram-dodatnia bakteria *Staphylococcus aureus*, należąca do ziarenkowców (Ryc. 3). Bakterie te są także obecne w powietrzu, kurzu, ściekach oraz wodzie (Bulanda i in., 2023).



Rycina 3. *Staphylococcus aureus*, barwienie metodą Grama, komórki Gram-dodatnie. Preparat z kolekcji własnej autorów.

Zatrucia pokarmowe występują najczęściej w wyniku spożycia żywności niewłaściwie przechowywanej, np. rozmrożonej i ponownie zamrożonej lub przetrzymywanej zbyt długo

w temperaturze pokojowej. Do potencjalnych źródeł zatruc zaliczają się produkty takie jak ciastka z kremem, lody, salatkę, mięso, mleko oraz przetwory rybne. Gronkowce, w tym *Staphylococcus aureus*, produkują enterotoksyny, które są odporne na zniszczenie zarówno podczas gotowania, jak i pod wpływem działania soku żołądkowego. Enterotoksyny, odpowiedzialne za zatrucia pokarmowe, są oznaczane literami od A do U, przy czym u ludzi najczęściej występują enterotoksyny typu A i D, rzadziej B i C. Objawy zatrucia pojawiają się bardzo szybko, zazwyczaj w ciągu 1–3 godzin od spożycia skażonej żywności. Do typowych objawów należą nudności, uporczywe wymioty, osłabienie, niewielka gorączka, bóle brzucha oraz umiarkowana biegunka (Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023; Devlynne i in., 2018; Otto, 2014; Hennekinne i in., 2012).

C. botulinum to Gram-dodatnia, beztlenowa laseczka zdolna do wytwarzania zarodników. Zatrucie jadem kielbasianym występuje najczęściej po spożyciu niewłaściwie przygotowanej i przechowywanej żywności, zwłaszcza domowych przetworów wekowanych. Zdarzają się również przypadki zatrucia po spożyciu przemysłowo konserwowanych produktów spożywczych. Pokarm skażony toksyną botulinową cechuje się specyficznym zapachem zjełczalego tłuszczu oraz obecnością dużej ilości gazu, który powoduje „puchnięcie” puszek (tzw. bombaż). Objawy zatrucia pojawiają się zazwyczaj w ciągu 12–96 godzin od spożycia zakażonego pokarmu. Początkowe symptomy obejmują nudności, wymioty, krótkotrwale biegunki oraz kurczowe bóle brzucha. W późniejszym etapie rozwijają się objawy neurologiczne, takie jak światłowstręt, podwójne widzenie oraz opadanie powiek. Śmierć w wyniku zatrucia jadem kielbasianym może nastąpić na skutek

uduszenia lub zatrzymania akcji serca. W Polsce rocznie odnotowuje się kilka do kilkunastu przypadków zatrucia jadem kielbasianym (Panasiuk, 2023; Jeffery i Karim, 2023).

C. perfringens, Gram-dodatnia, beztlenowa bakteria wytwarzająca zarodniki, jest powszechnie obecna w glebie, wodzie, powietrzu oraz kale. Wyróżnia się pięć serotypów tej bakterii, oznaczonych literami od A do E. Dla człowieka szczególne znaczenie mają typy A i C, które są najbardziej niebezpieczne. Typ A odpowiada za łagodne zapalenie jelit, występujące głównie w krajach rozwiniętych, natomiast typ C jest odpowiedzialny za martwicze zapalenie jelita cienkiego, które najczęściej występuje w krajach rozwijających się. Objawy zakażenia *C. perfringens* obejmują nudności, biegunkę oraz bardzo silne bóle brzucha (Panasiuk, 2023; Li i in., 2016).

Warto również wspomnieć o bakteriach z rodzaju *Salmonella*, które są Gram-ujemnymi pałeczkami z rodziny *Enterobacteriaceae*. Poza *Salmonella Typhi*, inne serotypy *Salmonella* stanowią przyczynę biegunek bakteryjnych zarówno w Polsce, jak i na całym świecie. Zakażenie *Salmonellą* najczęściej następuje wskutek spożycia skażonych produktów, takich jak jaja, mięso drobiowe oraz nabiał. Okres inkubacji choroby wynosi od 10 do 48 godzin i jest zależny od intensywności inwazji oraz mechanizmów obronnych organizmu człowieka. Objawy zakażenia tym patogenem obejmują skurcze brzucha, nudności, wymioty, wodnistą biegunkę o zielonkawym zabarwieniu oraz podwyższoną temperaturę ciała. Natomiast *Salmonella Typhi* wywołuje chorobę znaną jako dur brzuszny, który jest endemiczny w regionach Azji Południowo-Wschodniej, Ameryki Środkowej

i Południowej oraz Afryki (Nowakowska i in., 2021; Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023).

1.4 Choroby pasożytnicze przewodu pokarmowego

Zarażenia pasożytnicze nadal stanowią istotne zagrożenie dla zdrowia i życia człowieka, pomimo poprawy warunków sanitarnych, coraz skuteczniejszych metod ich zwalczania oraz rosnącej wiedzy.

Obserwuje się znaczący wzrost częstości zarażeń pasożytami związanymi z produkcją żywności na masową skalę oraz rozpoznawaniem nowych patogenów i chorób pasożytniczych. Zjawisko to jest efektem zmian cywilizacyjnych oraz związanym z nim intensywnym rozwojem turystyki.

Kolejnym istotnym problemem jest zjawisko występowania oporności pasożytów na dostępne stosowane leki (Hadaś i Derda, 2014; Nowakowska i in., 2021).

Jedną z najczęściej diagnozowanych chorób pasożytniczych przewodu pokarmowego człowieka jest giardioza (dawniej lamblioza), wywoływana przez pierwotniaka *Giardia intestinalis*, zaliczanego do wiciowców (Panasiuk, 2023; Kowalewska i in., 2013). Częstość występowania giardiozy jest zróżnicowana, a jej wskaźniki są znacząco wyższe w krajach o niskim standardzie sanitarno-higienicznym (strefa tropikalna i subtropikalna). W strefie umiarkowanej zapadalność na tę chorobę ma charakter sezonowy i najczęściej przypada na miesiące letnie. W Polsce liczba rejestrowanych przypadków sięga tysiąca rocznie. Do zarażenia giardiozą najczęściej dochodzi podczas podróży do krajów endemicznych poprzez spożycie skażonej wody, bliski kontakt

z osobą zarażoną (w tym seks oralno-analny) oraz kontakt ze zwierzętami wydalającymi cysty (Panasiuk, 2023; Olszak i in., 2023; Jex i in., 2020). Okres inkubacji wynosi 1–3 tygodnie. Osoba zarażona może wydalać z kałem do miliona cyst dziennie, nawet przez wiele miesięcy. Zarażenie często przebiega bezobjawowo, natomiast w przypadku wystąpienia objawów obserwuje się bezkrwawe, luźne stolce o charakterze tłuszczowym lub fermentacyjnym, nudności, wymioty, odbijania, kurczowe bóle brzucha oraz wzdęcia. Rzadsze objawy, które mogą pojawić się w trakcie choroby, to świąd skóry, pokrzywka, obrzęk stawów i twarzy oraz współistniejąca eozynofilia (Bulanda i in., 2023; Popruk i in., 2021; Ryan i in., 2021; Olyai i in., 2022).

Kolejną z częściej spotykanych chorób inwazyjnych jest owsica przewodu pokarmowego, wywoływana przez owsika ludzkiego *Enterobius vermicularis*. Najczęściej występuje w krajach o klimacie umiarkowanym, na obszarach o dużym zagęszczeniu ludności oraz w miejscach, gdzie obserwuje się duże skupiska ludzi. Inwazja tym pasożytem dotyczy wszystkich grup wiekowych, jednak najczęściej dotyka dzieci w wieku przedszkolnym i wczesnoszkolnym. Do zarażenia dochodzi przede wszystkim drogą pokarmową, często poprzez przenoszenie jaj inwazyjnych do jamy ustnej za pomocą rąk z okolicy odbytu (autoinwazja), przez kontakt z zanieczyszczonymi przedmiotami codziennego użytku oraz spożycie żywności zanieczyszczonej jajami inwazyjnymi. Inną drogą szerzenia się zarażenia jest droga wziewna, gdzie jaja inwazyjne pasożyta dostają się do nosowej części gardła, a następnie przez połknięcie do jelita. U dorosłych zarażenie często przebiega bezobjawowo, natomiast u dzieci występują charakterystyczne objawy kliniczne, takie jak: świąd

okolicy odbytu nasilający się wieczorem i w nocy, brak apetytu, bóle brzucha, nudności, nadpobudliwość psychoruchowa, a także zaburzenia snu, w tym bezsenność oraz bladość powłok skórnych (Bulanda i in., 2023).

Trichuristrichiura to kosmopolityczny nicien osiągnący długość do 5 cm, wywołujący chorobę zwaną trichuriozą. Jest on trzecim najczęściej występującym pasożytem na świecie, a w Polsce zajmuje drugie miejsce, po owsiku. Zarażenie następuje po spożyciu surowego lub niedogotowanego mięsa zwierzęcego zawierającego żywe, otorbione larwy nicieni. Okres inkubacji wynosi od 2 do 6 tygodni. Przebieg trichuriozy najczęściej jest bezobjawowy. Jeśli jednak występują objawy, mogą one przypominać nieswoiste zapalenie jelit lub zapalenie okrężnicy, z wypadaniem odbytu. Dodatkowo obserwuje się biegunkę, utratę masy ciała, a u dzieci opóźnienia w rozwoju wzrostu (Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023; Almeria i in., 2021)

1.5 Grzybice przewodu pokarmowego

Grzyby należą do drobnoustrojów powszechnie występujących w środowisku, a liczba ich gatunków sięga około 250 tysięcy. Opisano ponad 200 gatunków grzybów wykazujących działanie niekorzystne dla organizmu ludzkiego (Panasiuk, 2023; Rajkowska i Kunicka-Styczyńska, 2018; Chao i Vazquez, 2021).

Głównym czynnikiem etiologicznym wywołującym kandydozy przewodu pokarmowego u człowieka jest *Candida albicans*, który może być także w odpowiednio niskich wartościach naturalnym składnikiem fizjologicznej mikroflory błon śluzowych przewodu pokarmowego, układu oddechowego, moczowopłciowego oraz skóry. Do innych patogennych gatunków grzybów

należą: *C. glabrata*, *C. krusei*, *C. parapsilosis*, *C. dubliniensis* oraz *C. tropicalis* (Chao i Vazquez, 2021; Jafri i Ahmad, 2020; Todd i Peters, 2019).

U około 50–70% populacji ludzkiej kolonizacja *C. albicans* nie powoduje negatywnych skutków. Inaczej jest w przypadku osób z obniżoną odpornością, chorujących przewlekle lub przyjmujących chemioterapię, leki immunosupresyjne oraz antybiotyki. W tych grupach *C. albicans*, jako oportunistyczny patogen, może prowadzić do infekcji o charakterze powierzchownym bądź układowym (Panasiuk, 2023; Chao i Vazquez, 2021; Kaur i Noble, 2023).

Najczęstszym miejscem występowania grzybicy jest jama ustna, ale infekcje mogą również obejmować przełyk, żołądek, a nawet jelita. Objawy zakażenia grzybiczego różnią się w zależności od miejsca kolonizacji, co przedstawiono w tabeli 2 (Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023).

Tabela 2. Objawy kandydozy przewodu pokarmowego u człowieka (na podstawie Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023)

OBJAWY KANDYDOZY	
Grzybica jamy ustnej	• Bóle gardła nasilające się w trakcie polykania; • Pleśniawki błony śluzowej jamy ustnej, dziąseł, gardła; • Zmiany rumieniowe lub przerostowe błony śluzowej; • Zmiany rzekomo bloniaste – rzadko.

Grzybica przełyku	• 45–50% osób nie zgłaszała żadnych dolegliwości; • Pozostali zgłaszają bóle w trakcie polykania pokarmu, trudności w polykaniu, bóle zamostkowe oraz bóle pleców; • Makroskopowo stwierdza się zaczerwienienie błony śluzowej przełyku z obecnością białego lub żółtego nalotu.
Grzybica żołądka	• Większość osób nie zgłasza żadnych dolegliwości; • Pozostali zgłaszają: pobołowanie brzucha, uczucie pełności w nadbrzuszu, wymioty, utratę masy ciała; • W badaniu gastroskopowym widoczna żywoczerwona błona śluzowa z białoszarymi nalotami lub błonami rzekomymi.
Grzybica jelit	• Bóle; • Wzdęcia brzucha; • Nudności; • Długotrwała wodnista biegunka; • Krwawienia z dolnego odcinka przewodu pokarmowego (nieliczne przypadki).

1.6 Diagnostyka

Podstawowym materiałem do badań w kierunku zakażeń przewodu pokarmowego są kał, wymaz z kału oraz wymaz z odbytu (Panasiuk, 2023; Evans i in., 2023).

Zakażenia bakteryjne, które cechują się ostrym przebiegiem, np. obecnością śluzu lub krwi w próbce kału, gorączką oraz przewlekłą biegunką, są wskazaniem do wykonania posiewu kału. W przypadkach, gdy objawy kliniczne nie pozwalają

na jednoznaczne rozpoznanie zakażenia, rutynowo przeprowadza się posiew próbki kału w celu wykrycia obecności pałeczek *Salmonella*, *Yersinia*, *Shigella*, grupy VTEC - *Verotoxin-producing Escherichia coli* (w tym *E. coli* O157) oraz *Campylobacter*, ponieważ są to najczęstsze czynniki etiologiczne biegunek bakteryjnych. Dalsze specjalistyczne badania powinny być wykonywane na podstawie szczegółowych informacji i wskazań, uwzględniając m.in. wiek pacjenta, wywiad epidemiologiczny, wyniki badań lekarskich oraz możliwości diagnostyczne laboratorium (Panasiuk, 2023; Magdziak, 2017; Miller i in., 2018).

Diagnostyka biegunek o etiologii wirusowej opiera się na testach serologicznych. Ważnym czynnikiem jest pora roku, w której występuje biegunka, ponieważ zakażenia norowirusami oraz rotawirusami są najczęstsze w miesiącach zimowych. Zakażenia astrowirusami występują częściej od marca do kwietnia, natomiast adenowirusy mogą powodować infekcje przez cały rok (Panasiuk, 2023; Osazuwa i in., 2023).

Metody diagnostyki mikrobiologicznej są uzależnione od rodzaju zakażeń przewodu pokarmowego u człowieka (Tab. 3).

Tabela 3. Metody diagnostyczne wybranych zakażeń przewodu pokarmowego u człowieka (na podstawie Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023; Kulka i Cisek, 2019; Guery i in., 2019; Sun i in., 2023)

DIAGNOSTYKA ZAKAŻEŃ PRZEWODU POKARMOWEGO	
<i>Salmonella</i>	• Materiał diagnostyczny: kał lub treść żołądkowa; • Masowe zakażenia – badanie produktów spożywczych;

	• Podłoża selektywne różnicowane na podstawie wytwarzania H₂S poprzez wykorzystywanie cytrynianu oraz fermentacji cukrów; • Dur brzuszny – badania serologiczne wykrywające przeciwciała w surowicy krwi.
<i>Shigella</i>	• Częściej wykrywane są w posiewie wymazu okołoodbytniczego niż posiewie kału; • Brak reakcji z przeciwciałami przeciw antygenowi H, nie wytwarzają H₂S oraz nie wykorzystują cytrynianu.
<i>Clostridium botulinum</i>	• Wywiad i badanie przedmiotowe; • Poszukiwanie toksyn w próbkach żywności oraz surowicy chorych pobieranej przed podażą antytoksyny; • Komercyjne testy diagnostyczne wykrywające toksynę wykorzystujące metodę immunoenzymatyczną (ELISA).
<i>Clostridium perfringens</i>	• Wykrywanie specyficznych enterotoksyn w kale; • Komercyjne testy ELISA; • Diagnostyka molekularna – rzadko stosowana.
<i>Clostridioides difficile</i>	• Bardzo czuły test NAAT lub EIA GDH; • Bardzo swoisty test EIA toksyny A/B; • Opcjonalnie wykonanie TC.
<i>Trichuris trichiura</i> (włosogłówka ludzka)	• Metody koproskopowe: bezpośrednie banie kału bądź metody zageszczające mające na celu wykrycie jaj; • Zaobserwowanie dorosłych robaków w trakcie kolonoskopii.
<i>Helicobacter pylori</i>	• Test oddechowy z mocznikiem znakowany ¹³C lub ¹⁴C; • Badanie antygenów <i>H. pylori</i> w kale;

	• Test serologiczny (przeciwciała IgG); • Test ureazowy (CLO-test); • Badanie histologiczne; • Hodowla bakteryjna.
--	---

1.7 Metody leczenia

Leczenie zakażeń wirusowych przewodu pokarmowego opiera się głównie na terapii objawowej, ponieważ brak jest dostępnych specyficznych leków przeciwwirusowych. Kluczowe jest wyrównanie zaburzeń gospodarki wodno-elektrolitowej, co osiąga się głównie przez nawodnienie doustne; w cięższych przypadkach konieczne może być nawodnienie dożylne. Objawowo można również stosować leki przeciwzapalne, takie jak niesteroidowe leki przeciwzapalne (NLPZ) (Panasiuk, 2023).

W przypadku nasilonych objawów zakażeń adenowirusowych można rozważyć stosowanie loperamidu, który jest przeznaczony wyłącznie dla dorosłych. W zakażeniach rotawirusowych przeciwwskazane jest stosowanie antybiotyków, leków hamujących motorykę jelit oraz prebiotyków; zaleca się stosowanie nitazoksanidu (Panasiuk, 2023; Taylor i in., 2017; Lübbert, 2016).

Leczenie infekcji bakteryjnych przewodu pokarmowego koncentruje się na wyrównaniu gospodarki wodno-elektrolitowej. W niektórych przypadkach konieczne może być włączenie antybiotykoterapii lub innego specyficznego leczenia, zależnie od jednostki chorobowej (Tab. 4) (Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023).

Tabela 4. Przykładowe metody leczenia wybranych zakażeń bakteryjnych przewodu pokarmowego (na podstawie Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023; Kulka i Cisek, 2019; Sun i in., 2023; Kotloff i in., 2018)

LECZENIE WYBRANYCH ZAKAŻEN BAKTERYJNYCH PRZEWODU POKARMOWEGO	
<i>Salmonella</i>	• Leczenie postaci żołądkowo- jelitowej polega na uzupełnieniu płynów i elektrolitów, w niektórych przypadkach wymaga włączenia antybiotykoterapii; • Leczenie za pomocą antybiotyków wymagane jest u dzieci oraz osób > 65 roku życia leczonych z steroidami, immunosupresją, hemodializowanych oraz u chorych po przeszczepie zastawek serca lub z chorobami zapalnymi jelit; • Skuteczność wykazują chinoliny, cefalosporyny, trimetoprim/ sulfametoksazol stosowane przez okres 5 do 7 dni.
<i>Shigella</i>	• Łagodny charakter zakażenia zwłaszcza wywołany szczepami <i>S. sonnei</i> nie wymaga leczenia przyczynowego; • Antybiotykoterapii wymagają biegunki krwotoczne. Bakterie wykazują wrażliwość na iprofloksacyne, norfloksacyne, ampicylinę czy trimetoprim/ sulfametoksazol.
<i>Clostridium botulinum</i>	• Jak najszybsze, nie później niż 72h od momentu wystąpienia pierwszych objawów podanie antytoksyny czyli surowicy zawierającej przeciwciała wiążące toksynę botulinową.
<i>Clostridium perfringens</i>	• Typ A choroby nie wymaga leczenia przyczynowego;

	• Typ C choroby leczy się za pomocą antybiotyków (Penicylina podawana dożylnie co 6h w dawce 3-4ml razem z gentamycyną w dawce 5mg/kg m.c. lub cefalosporyną trzeciej generacji).
<i>Clostridioidesdifficile</i>	• Odstawienie antybiotyku, który doprowadził do wystąpienia biegunki o etiologii <i>C. difficile</i>; • Łagodne postaci: dosutnie Metronidazol 500mg 3x na dobę przez okres 10 dni bądź Wankomycyna 125mg 4x na dobę również przez 10 dni.
<i>Helicobacterpylori</i>	• Terapia eradykacyjna polegająca na jednoczesnej podaży inhibitorów pompy protonowej, soli bizmutu oraz dwóch antybiotyków; • Wyróżnia się terapię eradykacyjną pierwszego, drugiego oraz trzeciego rzutu.

1.8 Profilaktyka zakażeń przewodu pokarmowego o różnej etiologii

Profilaktyka zakażeń lub zarażeń jest uzależniona od etiologii infekcji (Tab. 5–7).

Tabela 5. Profilaktyka wybranych zakażeń przewodu pokarmowego o etiologii wirusowej (na podstawie Nowakowska i in., 2021; Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023)

PROFILAKTYKA ZAKAŻEŃ PRZEWODU POKARMOWEGO O ETIOLOGII WIRUSOWEJ	
Rotawirusy	• Karmienie piersią noworodków oraz niemowląt zmniejsza ryzyko zachorowania na biegunkę rotawirusową; • Unikanie kontaktu z osobami zakażonymi; • Przestrzeganie higieny;

	• Szczepienia profilaktyczne dzieci drogą doustną szczepionką Rotarix lub RotaTeq.
Adenowirusy	• Prawidłowa higiena rąk przy kontakcie z osobami zarażonymi, ozdrowieńcami oraz przy przygotowywaniu posiłków; • Osoby pracujące przy produkcji żywności w trakcie trwania zakażenia powinny być czasowo odsunięte od pracy; • Chlorowanie wody w basenach kąpielowych; • Brak szczepionek dla ogólnej populacji.
Norawirusy	• Przestrzeganie zasad higieny podczas przygotowania pokarmów poprzez mycie rąk, blatów, przedmiotów używanych w kuchni oraz dokładne mycie i płukanie warzyw, owoców; • Unikanie podawania owoców morza przed uprzednim podgrzaniem do 60 °C; • Mycie dłoni przez okres czasu nie krótszy niż 20s; • Dbłość o czystość wody pitnej; • Szybka diagnostyka oraz izolacja osób zarażonych.

Tabela 6. Profilaktyka wybranych zakażeń przewodu pokarmowego o etiologii bakteryjnej (na podstawie Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023)

PROFILAKTYKA ZAKAŻEŃ PRZEWODU POKARMOWEGO O ETIOLOGII BAKTERYJNEJ	
<i>Salmonella</i>	• Odpowiednia obróbka cieplna mięsa oraz jajek; • Przestrzeganie zasad higieny przy przygotowywaniu żywności;

	• Prowadzenie kontroli zwierząt oraz żywności zgodnie z obowiązującymi rozporządzeniami; • Szczepienie przeciwko <i>S. Typhi</i> zalecane dla osób podróżujących w kraje endemiczne.
<i>Shigella</i>	• Dbanie o higienę rąk. • Stosowanie się do procedur wywozu odpadów medycznych i nieczystości.
<i>lostridioidesdifficile</i>	• Prowadzenie racjonalnej antybiotykoterapii; • Stosowanie się do procedur panujących w szpitalach mających na celu zapobieganie rozprzestrzeniania się zakażenia.
<i>Clostridium botulinum</i>	• Odpowiednie przygotowywanie żywności oraz przetworów wekowanych; • Toksyna jest inaktywowana podczas procesu gotowania przez 10min w temperaturze 60-100°C; • Zakaz spożywania produktów zjełczałych oraz zawierających bombaż.

Tabela 7. Profilaktyka wybranych zakażeń przewodu pokarmowego o etiologii pasożytniczej (na podstawie Panasiuk, 2023; Bulanda i in., 2023)

PROFILAKTYKA ZAKAŻEŃ PRZEWODU POKARMOWEGO O ETIOLOGII PASOŻYTNICZEJ	
<i>Giardia intestinalis</i> (Giardioza)	• Przestrzeganie higieny osobistej poprzez mycie dłoni po defekacji, przed przygotowywaniem oraz

	spożywaniem posiłków, po kontakcie ze zwierzętami; • Gotowanie oraz filtrowanie wody pitnej; • Dokładne mycie warzyw i owoców; • Ochrona żywności przed zanieczyszczeniem zwierzęcym oraz ludzkim kałem; • Wczesna diagnostyka oraz leczenie osób będących nosicielami.
<i>Enterobiusvermicularis</i> (Owsica)	• Dbanie o prawidłową higienę osobistą (mycie okolicy odbytu wodą z mydłem, mycie dłoni przed spożywanym posiłkiem oraz po każdej defekacji); • Obcinanie paznokci; • Częste pranie oraz prasowanie bielizny osobistej, ręczników oraz pościeli; • Dbanie o higienę otoczenia (częste sprzątanie powierzchni oraz mycie gorącą wodą przedmiotów codziennego użytku); • Prowadzenie badań diagnostycznych w celu wykrycia owsicy u dzieci przed przyjęciem do przedszkoli bądź internatów.
<i>Trichuristrichiura</i> (Włośnica)	• Unikanie stosowania odchodów ludzkich jako nawozu; • Mycie, obieranie lub gotowanie warzyw i owoców;

	• Higiena rąk (mycie dłoni po skorzystaniu z toalety); • Prowadzenie diagnostyki oraz wdrożenie leczenia osób zarażonych.
--	--

2. Podsumowanie

Infekcje przewodu pokarmowego mogą mieć różnorodną etiologię, najczęściej jednak dochodzi do zakażeń wirusowych, bakteryjnych, grzybiczych oraz zarażeń pasożytniczych. Przebieg choroby zależy od rodzaju czynnika etiologicznego, stanu zdrowia pacjenta oraz ewentualnych chorób współistniejących.

Nawyki żywieniowe, a zwłaszcza jakość i rodzaj spożywanych produktów, odgrywają istotną rolę w prawidłowej fizjologii przewodu pokarmowego. Mikrobiom człowieka, który jest kształtowany m.in. przez dietę, ma kluczowe znaczenie w obronie przed infekcjami oraz w procesie leczenia. Ważna jest odpowiednio szybko zastosowana diagnostyka laboratoryjna oraz włączenie właściwego celowanego leczenia, które będzie podstawą optymalnego procesu terapeutycznego związanego z leczeniem określonej infekcji przewodu pokarmowego.

W placówkach ochrony zdrowia kluczowym elementem w zapobieganiu tego typu zdarzeniom jest edukacja pacjentów i personelu medycznego w zakresie profilaktyki i kontroli ognisk epidemicznych. Higiena rąk i otoczenia, dbałość o szczepienia ochronne, jeśli są dostępne oraz ochrona żywności przed biologicznymi zanieczyszczeniami są nieodzownymi elementami skutecznej prewencji.

Ponadto, istotna jest edukacja społeczeństwa na temat zasad ostrożności i bezpieczeństwa sanitarnego w trakcie odbywania podróży zagranicznych, aby zmniejszyć ryzyko potencjalnych infekcji jelitowych .

Upowszechnienie obecnie obowiązującej wiedzy sanitarnej z wykorzystaniem najnowszych metod edukacyjnych, powinno przełożyć się na zwiększenie świadomości społecznej, co w efekcie pozwoli na skuteczne stosowanie metod prewencji zapobiegających szerzeniu się infekcji.

3. Literatura

Almeria S, Robertson L, Santin M. Why foodborne and waterborne parasites are important for veterinarians. *Res Vet Sci.* 2021 May;136:198-199. doi: 10.1016/j.rvsc.2021.02.020.

Bulanda M, Szostek S. Podstawy mikrobiologii i epidemiologii szpitalnej. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2023; 61-307.

Burnett E, Jonesteller CI, Tate JE, et al. Global Impact of rotavirus Vaccination on childhood hospitalization and mortality from diarrhea. *J Infect Dis.* 2017; 215: 1666-1672. <https://doi.org/10.1093/infdis/jix186>.

Chao A, Vazquez JA. Fungal Infections of the Gastrointestinal Tract. *Gastroenterol Clin North Am.* 2021 Jun;50(2):243-260. doi: 10.1016/j.gtc.2021.02.009.

Chu DM, Antony KM, Ma J, et al. The early infant gut microbiome varies in association with a maternal high-fat diet. *Genome Med.* 2016; 8(77): 1-12. <https://doi.org/10.1186/s13073-016-0330-z>.

de Graaf M, Beck R, Caccio SM, et al. Sustained fecal-oral human-to-human transmission following a zoonotic event. *Curr Opin Virol.* 2017; 22: 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2016.11.001>.

Devlynne S, Ondusko MD, DawnNolt MD. *Staphylococcus aureus.* *Pediatr Rev.* 2018; 39(6): 287- 298. <https://doi.org/10.1542/pir.2017-0224>.

Evans MJ, Corripio-Miyar Y, Hayward A, Kenyon F, McNeilly TN, Nussey DH. Antagonism between co-infecting gastrointestinal nematodes: A meta-analysis of experimental infections in Sheep. *Vet Parasitol.* 2023 Nov;323:110053. doi: 10.1016/j.vetpar.2023.110053.

Galecka M, Basińska AM, Bartincka A. Znaczenie mikrobioty jelitowej w kształtowaniu zdrowia człowieka – implikacje w praktyce lekarza rodzinnego. *Forum Med Rodz.* 2018; 12(2): 50-59.

Guery B, Galperine T, Barbut F. *Clostridioides difficile*: diagnosis and treatments. *BMJ.* 2019 Aug 20; 366:l4609. doi: 10.1136/bmj.l4609.

Hadaś E, Derda M. Pasożyty - zagrożenie nadal aktualne. *Probl Hig Epidemiol.* 2014; 95(1): 6-13.

Heiman ML, Greenway FL. A healthy gastrointestinal microbiome is dependent on dietary diversity. *Mol Metab.* 2016; 5(5): 317-320. <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2016.02.005>.

Hennekinne JA, De Buyser ML, Dragacci S. *Staphylococcus aureus* and its food poisoning toxins: characterization and outbreak investigation. *FEMS Microbiol Rev.* 2012; 36(4): 815-836. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2011.00311.x>.

Jafri H, Ahmad I. *Thymus vulgaris* essential oil and thymol inhibit biofilms and interact synergistically with antifungal drugs against drug resistant strains of *Candida albicans* and *Candida tropicalis*. *J Mycol Med.* 2020 Apr;30(1):100911. doi: 10.1016/j.mycmed.2019.100911.

Jaworski A, Dudek K, Jurczak I. Struktura i rola biologiczna mikrobioty przewodu pokarmowego człowieka w zdrowiu i chorobie. *Journal of HelathStudy and Medicine -JHSM*. 2016; 4:37-61

Jeffery IA, Karim S. Botulism. 2023 Jul 17. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.

Jex AR, Svärd S, Hagen KD, Starcevich H, Emery-Corbin SJ, Balan B, Nosala C, Dawson SC. Recent advances in functional research in *Giardia intestinalis*. *Adv Parasitol*. 2020;107:97-137. doi: 10.1016/bs.apar.2019.12.002.

Kaur J, Nobile CJ. Antifungal drug-resistance mechanisms in *Candida* biofilms. *Curr OpinMicrobiol*. 2023 Feb;71:102237. doi: 10.1016/j.mib.2022.102237.

Kazimierska A, Kinsner M. Mikrobiom a choroby cywilizacyjne. *PostępyNauk o Zdrowiu* 2019; 1: 79-86.

Kotloff KL, Riddle MS, Platts-Mills JA, Pavlinac P, Zaidi AKM. Shigellosis. *Lancet*. 2018 Feb 24;391(10122):801-812. doi: 10.1016/S0140-6736(17)33296-8.

Kowalewska B, Rudzińska M, Zarudzka D, Kotłowski A. Ocena częstości zarażeń pasożytami jelitowymi wśród pacjentów przychodni Instytutu Medycyny Morskiej i Tropikalnej w Gdyni w okresie ostatnich 30 lat. *J LaboratDiagnost*. 2013; 49(1): 9-15.

Kulka M, Cisek K. Diagnostyka, profilaktykaileczenieinfekcji*Clostridium difficile*wedługwytycznych Infectious Diseases Society of America

(IDSA) i Society for Healthcare Epidemiology of America (SHEA) z 2017 roku. *Gastroenterol klin.* 2019; 11(2): 43-54.

Li J, Uzal FA, McClane BA. Clostridium perfringens Sialidases: Potential Contributors to Intestinal Pathogenesis and Therapeutic Targets. *Toxins.* 2016; 8(11):341. <https://doi.org/10.3390/toxins8110341>.

Lloyd Price J, Abu Ali G, Huttenhower C. The healthy human microbiome. *Genome Med.* 2016; 8(51):1-11. <https://doi.org/10.1186/s13073-016-0307-y>.

Lübbert C. Antimicrobial therapy of acute diarrhoea: a clinical review. *ExpertRevAntiInfectTher.* 2016;14(2):193-206. doi: 10.1586/14787210.2016.1128824.

Magdziak A. Możliwości diagnostyki laboratoryjnej w zakażeniach przewodu pokarmowego. *Gastroenterol Klin.* 2017; 9(4): 106-113.

Miller JM, Binnicker MJ, Campbell S, Carroll KC, Chapin KC, Gilligan PH, Gonzalez MD, Jerris RC, Kehl SC, Patel R, Pritt BS, Richter SS, Robinson-Dunn B, Schwartzman JD, Snyder JW, Telford S 3rd, Theel ES, Thomson RB Jr, Weinstein MP, Yao JD. A Guide to utilization of the microbiology laboratory for diagnosis of infectious diseases: 2018 Update by the infectious diseases Society of America and the American Society for Microbiology. *Clin Infect Dis.* 2018 Aug 31;67(6):e1-e94. doi: 10.1093/cid/ciy381.

Nowakowska A, Demkow U, Podsiadły E i wsp. Zakażenia przewodu pokarmowego w XXI wieku w Polsce i na świecie. *PostepHigMedDosw.* 2021; 75: 48-57.

Olszak J, Kaplan W, Rachwał D, Piątek E, Zalewa K, Bartoszek L, Świdziński R, Skorupski B, Lipiec J, Rogowska M. *Giardia intestinalis* - atypical symptoms of infection in the daily practice of various specialists. *J Educ Health Sport*. 2023; 26(1): 31-6. <https://apcz.umk.pl/JEHS/article/view/43528>.

Olyaiee A, Sadeghi A, Yadegar A, Mirsamadi ES, Mirjalali H. Gut microbiota shifting in irritable bowel syndrome: The mysterious role of *Blastocystis* sp. *Front Med. (Lausanne)*. 2022 Jun 20;9:890127. doi: 10.3389/fmed.2022.890127.

Osazuwa F, Johnson WO, Grobler HS. Norovirus infection among HIV-infected patients in Abuja, Nigeria: impact of combination antiretroviral therapy status. *BMC Infect Dis*. 2023 Sep 21;23(1):623. doi: 10.1186/s12879-023-08592-3.

Otto M. *Staphylococcus aureus* toxins. *Curr Opin Microbiol*. 2014; 17: 32-37. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2013.11.004>.

Panasiuk A. Choroby infekcyjne przewodu pokarmowego. Wydawnictwo Lekarskie PZWL. Warszawa, 2023; 41-319.

Popruk S, Adao DEV, Rivera WL. Epidemiology and subtype distribution of *Blastocystis* in humans: A review. *Infect Genet Evol*. 2021 Nov;95:105085. doi: 10.1016/j.meegid.2021.105085.

Rajkowska K, Kunicka-Styczyńska A. Typing and virulence factors of food-borne *Candida* spp. isolates. *Int J Food Microbiol*. 2018 Aug 20; 279:57-63. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.002.

Rooks M, Garrett W. Gut microbiota, metabolites and host immunity. *Nat Rev Immunol.* 2016; 16:341-352. <https://doi.org/10.1038/nri.2016.42>.

Ryan UM, Feng Y, Fayer R, Xiao L. Taxonomy and molecular epidemiology of *Cryptosporidium* and *Giardia* - a 50 year perspective (1971-2021). *Int J Parasitol.* 2021 Dec;51(13-14):1099-1119. doi: 10.1016/j.ijpara.2021.08.007.

Sobieraj-Garbiak IA, Drożdżyńska M. Wybrane zakażenia bakteryjne- nieuniknione zagrożenia zdrowia i życia człowieka. *Pomeranian J Life Sci.* 2015; 61(1): 99-107.

Sun Q, Yuan C, Zhou S, Lu J, Zeng M, Cai X, Song H. *Helicobacter pylori* infection: a dynamic process from diagnosis to treatment. *Front Cell Infect Microbiol.* 2023 Oct 19;13:1257817. doi: 10.3389/fcimb.2023.1257817.

Świerszcz Ł, Roszkowska A, Rutkowski M, Pieciewicz-Szczęsna H. Epidemiological analysis of bacterial food poisonings in Poland in 2005-2015. *J Educ Health Sport.* 2017;7(8):423-434, <https://apcz.umk.pl/JEHS/article/view/4757>.

Taylor DN, Hamer DH, Shlim DR. Medications for the prevention and treatment of travellers' diarrhea. *J Travel Med.* 2017 Apr 1; 24(suppl_1):S17-S22. doi: 10.1093/jtm/taw097.

Todd OA, Peters BM. *Candida albicans* and *Staphylococcus aureus* Pathogenicity and Polymicrobial Interactions: Lessons beyond Koch's Postulates. *J Fungi (Basel).* 2019 Sep 4;5(3):81. doi: 10.3390/jof5030081.

Woch I, Jakubowska Pietkiewicz E. Rotawirusy jako najczęstsza przyczyna ostrej biegunki infekcyjnej u dzieci – zakażenie, leczenie i profilaktyka. *Klinika Pediatryczna*. 2019; 27(3): 337-340.<https://publicum.umed.lodz.pl/info/article/AMLc18ece00520b41719ecdf0c6ee2741bc>

Wróblewska M, Dzieciatkowski T. Choroby wirusowe w praktyce klinicznej. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2017: 85-115.