

Mikrobiom a choroby cywilizacyjne

Microbiome and civilisation diseases

Adrianna Kazimierska¹, Misza Kinsner²

¹Wyższa Szkoła Rehabilitacji

²Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. Jana Kielanowskiego PAN

Streszczenie

W ostatnich latach coraz więcej badań naukowych skupia się na związku mikrobioty jelitowej z funkcjonowaniem organizmu ludzkiego. Celem niniejszego artykułu jest usystematyzowanie dynamicznie zmieniającego się stanu wiedzy na temat mikrobiomu ludzkiego. Okazuje się, że dysbioza stanowi istotny czynnik ryzyka nie tylko chorób zapalnych w obrębie jelit, ale również szeregu chorób cywilizacyjnych, jak m.in. otyłość, cukrzyca, alergie, choroby nowotworowe i autoimmunizacyjne, a także zaburzenia psychiczne. Istnieje szereg czynników ryzyka wystąpienia dysbiozy. Niektóre z nich są niezależne od naszej woli, inne możemy modyfikować. Najistotniejsze z nich, tj. dieta, antybiotyki, stres, dodatki do żywności, etc., zostały omówione w artykule.

Słowa kluczowe: mikrobiota, dysbioza, probiotyki

Abstract

In recent years, more and more scientific research focuses on the relationship between intestinal microbiota and human body functioning. The aim of this article is to systematize the dynamically changing state of knowledge about the human microbiome. It turns out that dysbiosis is an important risk factor not only for inflammatory diseases in the intestines, but also for a number of civilization diseases, such as obesity, diabetes, allergies, cancer and autoimmune diseases, as well as mental disorders. There are a number of risk factors of dysbiosis. Some of them are independent of our will, while the others can be modify by us. The most important of them, i.e. diet, antibiotics, stress, food additives, etc., are discussed in the article.

Key words: microbiota, dysbiosis, probiotics

Wstęp

Mimo iż komensalne drobnoustroje bytują zarówno w środowisku, jak i w organizmie człowieka od początków jego istnienia, wciąż wiemy na ich temat stosunkowo niewiele. Do niedawna sądzono, że pierwszy kontakt z bakteriami następuje dopiero w momencie porodu. Obecnie wiadomo, że płyn owodniowy nie jest tworem sterylnym i już w okresie prenatalnym mikrobiota matki wpływa na kształtowanie się

układu immunologicznego płodu. Już od chwili poczęcia, a nawet w okresie je poprzedzającym, rozpoczyna się programowanie metaboliczne, którego nadzwyczaj istotnym elementem jest prawidłowy stan mikrobioty jelitowej [10]. Choć bardzo ciężko jest określić skład „zdrowego” mikrobiomu, można zaobserwować prawidłowości związane z korzystnym długofalowym wpływem na zdrowie. Profil mikrobiologiczny jelit różni się w zależności od m.in. rodzaju porodu, sposobu karmienia, środowiska życia, wieku oraz

Adrianna Kazimierska, Misza Kinsner

innych zmiennych, na które nie mamy wpływu. Istnieje jednak szereg czynników, które podlegają naszej woli, zaś w niniejszym artykule zostaną omówione najistotniejsze z nich, tj.:

- prawidłowa dieta, bogata w pro- i prebiotyki
- unikanie żywności wysokoprzetworzonej
- unikanie zbędnej antybiotykoterapii
- zapewnienie dziecku kontaktu z mikrobiotą najbliższego otoczenia
- umiejętne zarządzanie stresem

Prawidłowy skład mikrobioty jelitowej ma kluczowe znaczenie dla zachowania zdrowia fizycznego, jak i psychicznego. Wykazano szereg korzyści wynikających z kolonizacji jelit symbiotycznymi gatunkami bakterii, wiele mechanizmów wciąż jest badanych, ale już można wyróżnić konkretne szczepy odpowiedzialne za poszczególne funkcje niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania organizmu [8]. A zatem, ludzki mikrobiom stanowi coraz powszechniejszy przedmiot badań i te najnowsze doniesienia naukowe zostaną przybliżone w niniejszym artykule.

Rola mikrobiomu w organizmie człowieka

Bakterie pojawiły się na Ziemi na długo przed tym, zanim nastąpiły warunki sprzyjające rozwojowi jakiegokolwiek innej formy życia. Wg niektórych badaczy to właśnie dzięki ich symbiozie z organizmami wyższymi proces ewolucji przyspieszył, co nie miałyby miejsca dzięki zasłudze jedynie losowych mutacji [16]. Wbrew aktualnym przez lata twierdzeniom jakoby ludzki płyn owodniowy był sterylny, okazuje się, że mikroorganizmy oddziałują na płód już w okresie prenatalnym, poddając kształtujący się układ immunologiczny swoistemu treningowi. Podczas porodu natomiast następuje pierwszy etap kolonizacji organizmu noworodka. Istnieje wiele czynników wpływających na kształtowanie mikrobioty jelitowej noworodka, a później niemowlęcia. Są to między innymi rodzaj porodu, a także sposób karmienia. W mleku matki znajduje się bowiem między innymi czynnik wzrostu BB wspiera-

jący kolonizację jelit przez *Lactobacillus bifidus* i *Bifidobacterium* [11].

Mimo iż skład mikrobiomu ludzkiego różni się osobniczo zależnie od szeregu czynników, takich jak wiek, masa ciała, środowisko, dieta, stan zdrowia, stres, etc., udało się wyodrębnić pewne cechy wspólne, charakterystyczne dla ludzkiej mikrobioty jelitowej [13]. Ponadto, zauważono, że różnorodność mikrobiologiczna organizmu ludzkiego spada wprost proporcjonalnie do stopnia uprzemysłowienia kraju, w którym dana osoba żyje. Również sposób żywienia stanowi kluczowy czynnik różnicujący skład mikrobioty – im mniej urozmaicona dieta tym mniejsza różnorodność gatunkowa mikroorganizmów bytujących w jelicie. Jak wspomniano wcześniej, również warunki okołoporodowe, takie jak czas i rodzaj porodu czy sposób karmienia, ale również dieta ciężarnej mają wpływ na stan mikroflory jelit [1,9].

Uznano, że dysbioza stanowi czynnik ryzyka nie tylko dolegliwości ze strony układu pokarmowego, ale jej konsekwencje mają długoterminowy wpływ na cały organizm. Związana jest z takimi jednostkami chorobowymi, jak m.in. stwardnienie rozsiane, cukrzyca, autyzm, astma, choroby alergiczne i nowotworowe [12]. U osób otyłych obserwuje się obniżoną różnorodność gatunkową mikrobioty jelitowej, natomiast u kobiet obciążonych zwiększonym ryzykiem infekcji bakteryjnych układu moczowo-płciowego występuje zbyt wysokie zróżnicowanie mikroflory pochwy [7].

Szczepki probiotyczne

Organizm ludzki jest zasiedlany przez setki gatunków drobnoustrojów. Niektóre z nich to bakterie symbiotyczne, produkujące korzystne dla zdrowia substancje, inne zaś stanowią mikroorganizmy komensalne, nie wywierające ani pozytywnego, ani negatywnego wpływu na gospodarza. W niesprzyjających warunkach (np. pod wpływem działania antybiotyków lub w warunkach chronicznego stresu) niektóre z nich mogą nadmiernie się rozprzestrzenić i ujawnić patogenne działanie. Ponadto, jelita zdrowego człowieka są również siedliskiem dla szeregu gatunków zaklasyfikowanych przez PATRIC jako bakterie

chorobotwórcze. Kluczem do zachowania zdrowia jest więc utrzymanie równowagi pomiędzy gatunkami prozdrowotnymi a tymi potencjalnie patogennymi [7].

Trzon mikrobioty jelitowej składa się z bakterii kwasu mlekowego, takich jak m.in. *L. acidophilus*, *B. bifidum* czy *S. thermophilus*. 1% stanowią *Enterococcus* oraz niepatogenne *Escherichia coli*, natomiast do pozostałych 9% należą m.in.: *Staphylococci*, *Clostridia* oraz grzyby. Dolegliwości układu pokarmowego wywoływane m.in. przez nadmierny rozrost patogennej mikroflory mogą przyczynić się do uszkodzenia kosmków jelitowych oraz wzrostu przepuszczalności ścian jelita, a co za tym idzie – do wzrostu zapadalności na biegunki rotawirusowe [8].

Mianem probiotyku określa się żywe drobnoustroje, które wprowadzone w odpowiedniej ilości wywołują pozytywny, udokumentowany wpływ na gospodarza. Szczepy, których przeciwbiegunkowe działanie zostało szczególnie dobrze udokumentowane, ograniczają wzrost patogenów poprzez utrudnianie im przyczepiania się do nabłonka jelit. Są to *L. rhamnosus GG* oraz *LC 705*, *Lactobacillus casei*, *L. casei Shirota* oraz *Lactobacillus johnsonii LJI*. W obrębie żołądka natomiast, antagonistycznie do *H. pylori* działają *L. reuteri*, *L. salivarius* oraz *Bacillus subtilis* [8].

Intensywnym badaniom naukowym poddano również wpływ mikroorganizmów probiotycznych na ryzyko wystąpienia oraz dietoterapię nadwrażliwości pokarmowych. Alergie pokarmowe IgE zależne, angażujące układ odpornościowy organizmu, związane są bezsprzecznie ze stanem mikrobioty jelitowej. Wskutek wzrostu stężenia cytokin przeciwzapalnych u matek dzieci z grupy ryzyka, suplementowanych zarówno podczas ciąży, jak laktacji, można było zapobiec wystąpieniu alergii u dziecka. Z kolei u osób, u których alergia już się rozwinęła, skuteczna okazała się działająca wielotorowo mieszanka szczepów z rodzaju *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*. Bakterie te, zmniejszają ilość IgE w surowicy, ograniczają przepuszczalność bariery jelitowej oraz ekspresję genów odpowiedzialnych za alergię, a także zwiększają aktywność komórek NK (*natural killer*) oraz liczbę limfocytów T_{reg} .

Innego typu nadwrażliwość, nazywana również nietolerancją pokarmową, związana jest z niedoborem lub brakiem określonego enzymu trawiennego. Tutaj również pomocne mogą okazać się probiotyki, jako że jedną z ich funkcji jest właśnie synteza niniejszych związków. Szczegółowo zostało to przebadane u osób z niedoborem laktazy (alaktazją), u których dzięki regularnemu spożywaniu jogurtów probiotycznych, stężenie β -galaktozydazy w jelicie cienkim wzrosło, co wiązało się bezpośrednio z poprawą zdolności trawiennych [13].

Jak wcześniej wspomniano, organizm zawsze dąży do homeostazy, która jest gwarantem jego prawidłowej funkcji. Dużą rolę w tym procesie odgrywa mikrobiota jelitowa. Probiotyki, dzięki syntezie związków antybakteryjnych, substancji antymutagennych oraz immunosupresyjnych skutecznie chronią organizm przed antygenami oraz patogenami. Ponadto, konkurują z drobnoustrojami chorobotwórczymi o składniki odżywcze oraz miejsce na nabłonku jelit, zwiększając adhezję do ściany jelita. Namnażają się szybko tworząc biofilm, a także wpływają na sekrecję przeciwciał IgA oraz stymulują procesy fagocytozy [11,13].

Inną cechą bakterii probiotycznych jest wytwarzanie związków antykarcynogennych, zaś w badaniach, w których chorym podawano określone szczepy, wykazano hamowanie rozrostu guza oraz wzmocnienie odpowiedzi immunologicznej przeciw zmienionym nowotworowo komórkom, zwłaszcza w przypadku raka jelita grubego oraz pęcherza moczowego [20].

Probiotyki, będące głównym (70%) źródłem energii dla kolonocytów, mogą leczyć kandydozę oraz próchnicę zębów, usprawniają działanie układu immunologicznego, a także poprawiają wchłanianie witamin i składników mineralnych, syntetyzując również niektóre z nich (m.in. witaminy z grupy B – w tym B12 oraz K). Poza witaminami, bakterie biorą również udział w produkcji aminokwasów, kwasów organicznych oraz enzymów trawiennych, koenzymu A, Q, NAD i NADP. Prawidłowy skład mikroflory chroni przed toksynami wnikałymi do organizmu przez układ pokarmowy, jak nitrozoaminy, aflatoksyny, azobarwniki oraz szkodliwe metabolity produkowane

Adrianna Kazimierska, Misza Kinsner

Tabela 1. Właściwości wybranych gatunków probiotycznych [8]

DZIAŁANIE	GATUNEK
stymulacja układu immunologicznego	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. delbrueckii</i> , <i>L. rhamnosus</i> , <i>L. johnsonii</i>
równoważenie składu mikrobiologicznego jelita	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>B. breve</i> , <i>L. reuteri</i>
zmniejszenie aktywności enzymów kału	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. gasseri</i> , <i>L. delbrueckii</i>
antynowotworowe	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. gasseri</i> , <i>L. delbrueckii</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>B. infantis</i> , <i>B. adolescentis</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>B. longum</i> , <i>B. breve</i>
przeciwdziałanie biegunkom podróżnych	<i>S. boulardi</i> , kompozycja <i>L. acidophilus</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> oraz <i>L. bulgaricus</i>
przeciwwirusowe	<i>L. rhamnosus</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>L. casei</i>
przeciwdziałanie schorzeniom wywołanym przez <i>C. difficile</i>	<i>L. rhamnosus</i> , <i>S. bulgaricus</i> , <i>S. boulardi</i> , kombinacja <i>L. casei</i> z <i>Str. thermophilus</i> oraz <i>L. bulgaricus</i>
przeciwdziałanie biegunkom o różnej etiologii	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. rhamnosus</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>L. casei</i> , <i>B. breve</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>B. longum</i>
łagodzenie objawów choroby Leśniowskiego-Crohn'a	<i>L. rhamnosus</i>
przeciwrzodowe	<i>B. bifidum</i> , <i>B. breve</i> , <i>L. johnsonii</i> ,
leczenie zaparć	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. rhamnosus</i>
wrzodziejące zapalenie jelita grubego	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. rhamnosus GG</i>
przeciw <i>H. pylori</i>	<i>B. bifidum</i> , <i>L. casei</i> , kompozycja <i>L. acidophilus</i> z <i>B. lactis</i>

przez patogenne drobnoustroje. Dzięki zwiększeniu wchłaniania wapnia przeciwdziałają osteoporozie, ale również chronią układ moczowo-płciowy przed infekcjami, a także układ pokarmowy przed wystąpieniem biegunki czy zaparć. Są pomocne w terapii chorób układu sercowo-naczyniowego, nowotworów, miażdżycy, cukrzycy, a nawet zakażenia wirusem HIV [13]. Ograniczają wchłanianie frakcji LDL cholesterolu oraz zwiększają jego wydalanie, przez co jego stężenie we krwi spada. Obniżają ciśnienie krwi, stymulują metabolizm aminokwasów, zaś dzięki produkcji kwasów organicznych obniżają kwasowość treści jelitowej.

Coraz więcej doniesień naukowych związanych jest również z wzajemnym oddziaływaniem stanu mikrobiomu i dobrostanu psychicznego, w którego zachowaniu mają pomóc tak zwane psychobiotyki [18]. Niektóre z udowodnionych naukowo działań probiotyków przedstawiono w Tabeli 1.

Prebiotyki i synbiotyki

Probiotykoterapia, choćby najintensywniejsza, nie będzie zwieńczona sukcesem, jeżeli do organi-

zmu nie zostaną dostarczone również prebiotyki. Są to niestrawne przez enzymy ludzkiego układu pokarmowego składniki żywności, fermentowane dopiero w jelicie grubym przy udziale bakterii komensalnych. Otrzymuje się je syntetycznie bądź ze źródeł naturalnych, jak np. czosnek, cebula, karczochy, pszenica, banany (nieodjrzałe) czy szparagi bogate w inulinę, skrobię oporną oraz fruktooligosacharydy. Natomiast syntetycznie produkowanymi prebiotykami będą cyklodekstryny, laktosacharoza czy też, powszechnie wykorzystywana w terapii zaparć, laktuloza. Dzięki obecności prebiotyków obniża się kaloryczność posiłku, zwiększa się przyswajalność wapnia, zaś objawy wrzodów żołądka, grzybicy pochwy czy nietolerancji pokarmowych osłabiają się. Ponadto, inulina obniża stężenie cholesterolu całkowitego oraz VLDL, a także TG we krwi [8].

Kombinacja probiotyku z prebiotykiem to z kolei synbiotyki, który z punktu widzenia równowagi mikrobioty jelitowej okazuje się najskuteczniejszy. Synbiotyki obniżają stężenie szkodliwych metabolitów, neutralizują działanie substancji rakotwórczych, ograniczają rozrost patogennej mikroflory i wspomagają leczenie wątroby oraz zapobiegają biegunkom i zaparciom [13].

Dieta a mikrobiota jelitowa

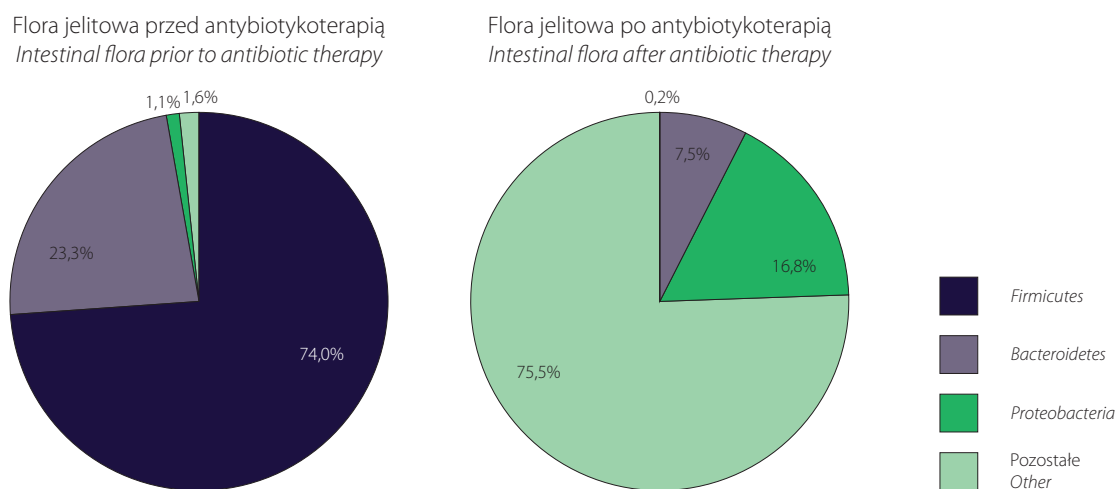
Jednym z najistotniejszych czynników kształtowania mikrobiomu jest sposób żywienia. Znamy około 30 000 jadalnych gatunków roślin, podczas gdy aktualnie używa się ich jedynie ok. 150. Co gorsza, podstawę produkcji żywności stanowi jedynie 5 gatunków zwierząt oraz 12 gatunków roślin. Epidemia chorób cywilizacyjnych związana jest m.in. ze zmniejszeniem różnorodności dietetycznej społeczeństw zachodnich, a co za tym idzie również zubożeniem mikrobioty jelitowej. Wszystko, co spożywamy trafia ostatecznie do jelita, gdzie przekształcane jest do cząsteczek, które następnie, wchłaniane do krwi, wpływają na funkcjonowanie organizmu. Powszechnie stosowana wysokowęglowodanowa oraz wysokotłuszczowa, a przede wszystkim wysokoprzetworzona dieta pozbawia prozdrowotne bakterie niezbędnych do namnażania się substratów. Dlatego populacje symbiotycznych mikroorganizmów maleją, a pogłębiający się stan dysbiozy prowadzi do szeregu chorób, w tym otyłości [6,21].

Wiemy już, że okres do ok. 2–3 roku życia jest kluczowy z punktu widzenia kształtowania prawidłowych nawyków żywieniowych oraz przyszłego zdrowia. Jednak programowanie metaboliczne rozpoczyna się na długo przed tym, zanim noworodek przyjdzie na świat. Wykazano, że na przyszły stan mikrobioty jelitowej dziecka ma

wpływ dieta matki nie tylko w okresie prenatalnym, ale również w okresie prekonceptyjnym. Niekorzystne zmiany w składzie mikrobiologicznym u dzieci utrzymują się nawet do końca 1 roku życia i mogą wpływać m.in. na zaburzenia odporności [2,9,10].

Antybiotyki

Nadużywanie antybiotyków i innych leków jest niestety zjawiskiem powszechnym, nawet u dzieci i niemowląt. Szczególnie szkodliwe są antybiotyki o szerokim spektrum działania, które negatywnie wpływają na kształtujący się jeszcze mikrobiom. Stosowanie antybiotyków podczas ciąży oraz we wczesnym dzieciństwie wiąże się ze wzrostem ryzyka alergii, a także nabyciu genów oporności na leki. [1,5,17]. Na Rycinie 1. przedstawiono zmiany w składzie mikrobioty jelitowej, jakie następują po wdrożeniu antybiotykoterapii. Należy przy tym pamiętać, że poza faktyczną antybiotykoterapią, człowiek narażony jest również na nieświadome spożywanie pozostałości leków w mięsie oraz roślinach. Zgodnie z aktualnymi wytycznymi, dozwolone ilości leków stosowanych w hodowli są na tyle niskie, że nie wpływają znacząco na ich stężenie we krwi dorosłego człowieka. Należy jednak pamiętać o tym, że nie bierze się pod uwagę ich wpływu na mikrobiotę, a także organizmy osób



Rycina 1. Zróżnicowanie mikrobioty jelit przed oraz bezpośrednio po antybiotykoterapii [15]

Adrianna Kazimierska, Misza Kinsner

o obniżonej odporności, osób starszych, kobiet w ciąży czy dzieci [6,8].

Hipoteza higieniczna a alergię

W poszukiwaniu przyczyn rosnącej oporności bakterii na antybiotyki, gwałtownego wzrostu zachorowań na choroby alergiczne oraz coraz powszechniej występujących zaburzeń odporności naukowcy wysnuli jakiś czas temu tak zwaną hipotezę higieniczną. Zakłada ona, że wychowanie w sterylnych warunkach negatywnie wpływa na kształtowanie się odporności dziecka. Kontakt z mikroorganizmami występującymi w najbliższym środowisku jest niezbędny dla wytrenowania komórek odpornościowych, odpowiedzialnych za odróżnianie patogenów od nieszkodliwych cząsteczek. Dlatego też dzieci z rodzin wielodzietnych posiadających zwierzęta domowe, a także mieszkające w okolicy terenów zielonych posiadają bardziej zróżnicowaną mikrobiotę, nie tylko jelitową, ale również skóry, a w konsekwencji – są mniej podatne na występowanie alergii. Niestety, hipoteza ta jest często fałszywie interpretowana jako zachęta do ograniczenia higieny osobistej czy też celowej ekspozycji na choroby dziecięce. Należy rozróżnić te dwa podejścia [1].

Dodatki do żywności

Do żywności przetworzonej dodawane są różnego rodzaju substancje, mające na celu poprawę smaku, konsystencji, czy też przedłużenia trwałości finalnego produktu. Teoretycznie związki te, w dopuszczonych do obrotu dawkach, nie mogą negatywnie wpływać na organizm konsumenta. Jednakże rynek spożywczy w Polsce nie jest wystarczająco kontrolowany pod względem zgodności rzeczywistej zawartości produktu ze składem deklarowanym przez producenta na etykiecie. Jak wykazał opublikowany ostatnio przez Najwyższą Izbę kontroli raport, aż 14% próbek poddanych analizie, było niezgodnych z deklaracją producenta, pod względem jakościowym i/lub jakościowym. Ponadto, przy ustalaniu wyżej

wspomnianych norm nie bierze się pod uwagę kumulacji tych substancji w organizmie człowieka spożywającego wiele takich produktów. Zgodnie z szacunkami NIK, w ciągu jednego tylko dnia jesteśmy w stanie dostarczyć do organizmu nawet 80 różnych dodatków do żywności [14]. I w końcu, co nie mniej istotne, nie ustala się ich potencjalnego wpływu na mikrobiotę jelitową, dla której są to cząsteczki obce, mogące powodować nadwrażliwości pokarmowe oraz mikrostany zapalne. Przykładami takich substancji są m.in. maltodekstryna, karagenina, karboksymetyloceluloza czy powszechnie stosowana (również w preparatach mleka modyfikowanego) guma ksantanowa. Przewlekły stan zapalny może prowadzić nie tylko do chorób w obrębie jelita, jak choroba Leśniowskiego-Crohna, wrzodziejące zapalenie jelita grubego (WZJG) czy zespół jelita drażliwego (IBS), ale również do zespołu metabolicznego oraz chorób autoimmunologicznych [19].

Stres i psychobiotyki

Ostatnim z omawianych czynników ryzyka dysbiozy, jakkolwiek nie najmniej istotnym jest stres. Choć wzajemny wpływ jelit i mózgu wciąż podlega intensywnym badaniom naukowym, wiadomo już, że wczesne zaburzenia mikrobioty jelitowej związane m.in. z warunkami okołoporodowymi, sposobem karmienia w okresie niemowlęcym, a także ekspozycją na leki mogą wpływać na poziom i reakcje na stres w późniejszym życiu. Badania na zwierzętach wykazały, że wczesna separacja od matki, jak również przewlekły stres prowadzą do dysbiozy jelitowej, rozszczelnienia bariery jelitowej, a także zaburzeń w endogennej syntezie tryptofanu, dopaminy oraz serotoniny. Skutkiem tego może być podwyższone stężenie kortyzolu, a także zachowania depresyjne i lękowe [4].

Obecnie trwają badania nad szczepami bakterierynymi pomocnymi w równoważeniu mikrobioty jelitowej, jako że u pacjentów z zaburzeniami depresyjnymi obserwuje się nieprawidłowy stosunek liczebności *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, i *Actinobacteria* do *Firmicutes*. Jednym z takich szczepów, zdefiniowanych jako psychobiotyki,

ma być *L. rhamnosus*, ale również *Bifidobacterium longum* oraz *Lactobacillus helveticus* [3,4].

Podsumowanie

Podsumowując, wiadomo już jak istotnym elementem z punktu widzenia zdrowia człowieka jest mikrobiota układu pokarmowego. Mikroorganizmy stanowią nawet do 1,5 kg masy ludzkiego ciała, zaś skład gatunkowy uzależniony jest od szeregu czynników. Część z nich jest od nas niezależna, inne z kolei możemy modyfikować. Wszystkie układy ludzkiego organizmu dążą do homeostazy. To samo dzieje się z mikro-

biomem. W zdrowym przewodzie pokarmowym bytują zarówno mikroorganizmy symbiotyczne, jak i potencjalnie patogenne. I jest to stan jak najbardziej prawidłowy. Kluczem do zachowania zdrowia jest równowaga pomiędzy populacjami jednych i drugich. W przeciwnym razie dochodzi do dysbiozy jelitowej, a ta wiąże się z podwyższeniem ryzyka szeregu schorzeń, a także chorób psychicznych. Unikając czynników zaburzających skład mikrobiomu oraz stosując środki wspierające namnażanie się pożytecznych bakterii (jak na przykład dieta bogatoresztkowa czy okresowa probiotykoterapia) można przywrócić różnorodność mikrobiologiczną organizmu i przekazać ją kolejnym pokoleniom.

Piśmiennictwo

1. Bloomfield SF, Rook GA, Scott EA, Shanahan F, Stanwell-Smith R, Turner P. Time to abandon hygiene hypothesis: new perspectives on allergic disease, the human microbiome, infectious disease prevention and the role of targeted hygiene. *Perspect Pub Health* 2016;136(4):213–224.
2. Chu DM, Antony KM, Ma J, Prince AL, Showalter L, Moller M, Aagaard KM. The early infant gut microbiome varies in association with a maternal high-fat diet. *Genome Med* 2016; 8:77.
3. Dinan TG, Cryan JF. Mood by microbe: towards clinical translation. *Genome Med* 2016; 8:36.
4. Foster JA, Rinaman L, Cryan JF. Stress & the gut-brain axis: Regulation by the microbiome. *Neurobiology Stress*, 2017; 7:124–136.
5. Gasparrini AJ, Crofts TS, Gibson MK, Tarr PI, Warner BB, Dantas G. Antibiotic perturbation of the preterm infant gut microbiome and resistome. *Gut Microbes* 2016; 7:443–449.
6. Heiman ML, Greenway FL. A healthy gastrointestinal microbiome is dependent on dietary diversity. *Mol Metab* 2016; 5: 317–320.
7. Human Microbiome Project. Structure, function and diversity of the healthy human microbiome. *Nature* 2012; 486: 207–214.
8. Kazimierska A. Rola żywności fermentowanej w dietoprofilaktyce i dietoterapii chorób cywilizacyjnych. Praca licencjacka (niepublikowana). Warszawa: Wyższa Szkoła Rehabilitacji; 2018.
9. Kinsner M. Programowanie metaboliczne. Praca licencjacka (niepublikowana). Warszawa: Wyższa Szkoła Rehabilitacji; 2018.
10. Kinsner M, Kazimierska A. Programowanie metaboliczne. *Post Nauk Zdr* 2018; 2: 5–18.
11. Kościej A, Skotnicka-Graca U, Ozga I. Rola wybranych czynników żywieniowych w kształtowaniu odporności dzieci. *Probl Hig Epidemiol* 2017; 98(2):110–117.
12. Lloyd-Price J, Abu-Ali G, Huttenhower C. The healthy human microbiome, *Genome Med* 2016; 8:51.
13. Mojka K. Probiotyki, prebiotyki i synbiotyki – charakterystyka i funkcje. *Probl Hig Epidemiol* 2014; 95(3):541–549.
14. Najwyższa Izba Kontroli. Nadzór nad stosowaniem dodatków do żywności. lata 2016–2018 (I kwartał). Warszawa, grudzień 2018.
15. Rakowska M, Lichosik M, Kacik J, Kalicki B. Wpływ mikrobioty na zdrowie człowieka. *Pediatr Med Rodz* Vol. 12 No. 4, p. 404–412.
16. Sonea S, Mathieu LG. Evolution of the genomic systems of prokaryotes and its momentous consequences. *Int Microbiol* 2001; 4:67–71.

Adrianna Kazimierska, Misza Kinsner

17. Stefka AT, Feehley T, Tripathi P, Qiu J, McCoy K, Mazmanian SK, Tjota MY, Seo GY, Cao S, Theriault BR, Antonopoulos DA, Zhou L, Chang EB, Fu YX, Nagle CR. Commensal bacteria protect against food allergen sensitization. *Proc Natl Acad Sci* 2014; 36:13145–13150.
18. Sudo N, Chida Y, Aiba Y, Sonoda J, Oyama N, Yu XN, Kubo C, Koga Y. Postnatal Microbial Colonisation Programs the Hypothalamic-Pituitary-Adrenal System for Stress Response in Mice. *J Physiol* 2004; 558:263–275.
19. Swan CK. Evaluation of Select Food Additive Exposures in Children with Crohn's Disease. University of Washington: 2016.
20. Tokarz-Deptuła B, Śliwa-Dominiak J, Adamiak M, Deptuła W. Probiotyki a wybrane schorzenia u ludzi. *Post Mikrobiol* 2015; 54(2):133–140.
21. Xu Z, Knight R. Dietary effects on human gut microbiome diversity. *Br J Nutr* 2015; 113:15.