

PAWEŁ KOWALCZYK¹, KATARZYNA GŁOWACKA², EWA BEATA GÓRSKA²

Mikroorganizmy zasiedlające organizm ludzki

Microorganisms inhabiting the human body

¹Bionicum Sp. z o.o., Warszawa²Samodzielny Zakład Biologii Mikroorganizmów, Wydział Rolnictwa i Biologii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

KEY WORDS

skin microflora, intestinal microflora, probiotics, Gram-positive and Gram-negative bacteria

SUMMARY

Microorganisms are accompanied by a man in every moment of life, in every situation. They are ubiquitous organisms that can live in extremely high temperature or anaerobic conditions. They live in various other organisms and the human body is no exception. Viable bacteria comprise from 2 to 5 kg body weight. Microorganisms represent only a small, albeit significant, percentage of the weight of the human body. Microorganisms inhabiting our bodies accompanied us throughout our lives. From the moment of birth they are beginning to develop in various parts of the body. There are the skin, the gastrointestinal tract or the respiratory tract. The most important bacteria colonizing the surface of human skin are mainly two types of bacteria: *Staphylococcus epidermidis* and *Propionibacterium acnes*. The intestinal microflora is dominated mainly by strict anaerobes types including: *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Peptostreptococcus*. Probably the high level of bifidobacteria in the colon contributes to the health of man, lead to increasing use them as probiotics. It turned out that the presence of these microorganisms beneficial effects on various diseases, including diarrhea associated with rotavirus or inflammatory bowel disease such, necrotizing enterocolitis or allergy. In the newborn digestive system is not yet occupied by any microorganisms, but soon comes to the colonization of different microorganisms. These microorganisms consume organic compounds that could harm human health and contribute to the development of pathogenic microorganisms. Representatives of this group of bacteria inhabiting the human digestive tract include *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Shigella* sp. Which after getting into the urinary tract can cause serious complications that cause various skin diseases often cumbersome called civilization.

WSTĘP

Jak wiadomo, organizm ludzki zasiedlany jest przez wiele milionów drobnoustrojów. Bakterie znajdują się zarówno na zewnątrz, jak i wewnątrz ciała ludzkiego. Mikroorganizmy zamieszkujące skórę są łatwo przekazywane na przedmioty, których dotykamy. Bakterie zamieszkujące organizm ludzki są indywidualne dla każdego osobnika oraz charakterystyczne dla poszczególnych miejsc na ciele, przez co nadają skórze indywidualny, osobniczy charakter. Powierzchnia skóry człowieka kryje duże liczby bakterii, które mogą być łatwo usunięte i przeniesione na powierzchnie po dotknięciu. Dlatego tak duże znaczenie mają właściwa higiena i częste mycie rąk. Szczególnie ważne jest to wśród pracowników służby zdrowia, gdyż bardzo łatwo może dojść do zakażenia

bakteryjnego pacjentów. Bakterie mogą się utrzymywać na dotykanych powierzchniach przez dłuższy czas z tego względu, że są one bardzo odporne na różne warunki środowiska, w tym wilgotność, temperaturę i promieniowanie UV. Dlatego podczas codziennych czynności, gdy dotykamy różnych przedmiotów, pozostawiamy po sobie trwałe ślady w postaci drobnoustrojów.

MIKROFLORA SKÓRY

Ludzie żyją w środowisku pełnym mikroorganizmów, które bardzo łatwo migrują między środowiskiem zewnętrznym a skórą. Wszystko co nas otacza, zasiedlane jest przez różne bakterie, które po kontakcie ze skórą mogą się na niej osiedlać. Powierzchnia naszej skóry nie jest

jednak dla bakterii wymarzone miejsce do kolonizacji, bowiem posiada ona mechanizmy ochronne, które ograniczają możliwość kolonizacji i przetrwania organizmów na jej powierzchni. Kolonizacja drobnoustrojów na skórze umożliwia jej ochronę przed potencjalnymi organizmami chorobotwórczymi. Wzrostowi bakterii chorobotwórczych nie sprzyja fakt, że skóra jest sucha, a jej odczyn lekko kwaśny, bakterie te bowiem preferują miejsca wilgotne, takie jak: fałdy skórne, okolice przyodbytnicze, przestrzenie międzypalcowe, pachy, a także skórę głowy (1, 2). Do najważniejszych bakterii zasiedlających powierzchnię ludzkiej skóry należą głównie dwa gatunki bakterii: *Staphylococcus epidermidis* i *Propionibacterium acnes*. *Staphylococcus epidermidis* jest najczęściej izolowaną bakterią występującą na nabłonku ludzkiej skóry oraz na błonach śluzowych (2, 3). Należy do rodzaju *Staphylococcus*, którego nazwa pochodzi od słowa *staphylo*, co w języku greckim oznacza „grono” – w obrazie mikroskopowym bakterie te przypominają grono. Gronowiec ten jest względnie beztlenowcem, który po wystąpieniu warunków tlenowych wytwarza cytochromy. *Staphylococcus epidermidis* powszechnie zachowuje łagodne stosunki z gospodarzem i nie wywołuje groźniejszych powikłań. Jednak w przypadku przedostania się do krwioobiegu, np. podczas pobierania krwi, czy podczas odżywiania dożylnego może dojść do wystąpienia poważnych infekcji. Uważa się nawet, że jego chorobotwórczość można porównać z inną bakterią z tego rodzaju, czyli ze *Staphylococcus aureus*. Obie bakterie są zaliczane do najczęstszych przyczyn zakażeń medycznych występujących w szpitalach. Na niekorzyść *S. epidermidis* przemawia fakt, że jest on komensalem człowieka i stale występuje na skórze, przez co dość łatwo można dojść do infekcji w przypadku niedostatecznej sterylności narzędzi medycznych (3-5). Drugim najliczniejszym drobnoustrojem zasiedlającym powierzchnię ludzkiej skóry jest *Propionibacterium acnes*. Należy on do drobnoustrojów mniej niepokojących niż wcześniej omówiony *S. epidermidis*. Jest to Gram-dodatnia pałeczka, będąca bezwzględnie beztlenowcem. Nie tworzy przetrwalników. Wchodzi również w skład mikroflory jelita grubego, spojówek i zewnętrznego przewodu słuchowego. W związku z tym, że jest to bakteria beztlenowa, można by mieć pewne wątpliwości dotyczące występowania jej na skórze. Jednak znajduje ona optymalne dla siebie warunki w porach lub gruczołach znajdujących się na skórze. Stężenie tlenu w tych miejscach jest znacznie niższe niż na jej powierzchni. *Propionibacterium acnes* tradycyjnie uważany jest za niechorobotwórczy, ale coraz większa liczba badań zalicza go do drobnoustrojów powodujących różnego rodzaju zakażenia i stany zapalne. Prawdopodobnie odpowiedzialny jest za występowanie między innymi trądziku (4, 5).

MIKROFLORA UKŁADU POKARMOWEGO

Układ pokarmowy jest najliczniej zasiedlanym przez drobnoustroje miejscem na ciele człowieka. Wynika to prawdopodobnie z tego, że układ ten ma styczność z po-

żywieniem, na którym znajdują się najrozmaitsze bakterie. Ostatnio dość powszechne są różne probiotyki, które dodawane do pożywienia mają modyfikować liczbę i rodzaj pożytecznych bakterii zasiedlających jelita, a tym samym zmniejszać ryzyko groźnych chorób układu pokarmowego, do których należy między innymi rak jelita grubego.

Kolonizacja jelit u niemowlęcia regulowana jest przez wiele czynników, takich jak: mikroflora pochwy matki, stopień skażenia środowiska okołoporodowego oraz siara i mleko matki. Badania pokazują, że dzieci karmione piersią mają więcej bifidobakterii w swoim układzie pokarmowym. Dodatkowo sam układ pokarmowy jest miejscem życia wielu bakterii, bez których prawidłowe funkcjonowanie całego organizmu byłoby niemożliwe. Szacuje się, że same jelita może zasiedlać 100 miliardów drobnoustrojów. Mikroflora jelitowa zdominowana jest głównie przez ściste beztlenowce, w tym rodzaje: *Bacteroides*, *Bifidobacterium* i *Peptostreptococcus* (6-8).

Względnie beztlenowce występują w liczbie około 1000-krotnie niższej i są to bakterie kwasu mlekowego (*Lactobacillus* sp.), enterokoki (*Enterococcus* sp.), paciorkowce i *Enterobacteriaceae*. Ponad 500 gatunków może być obecne w normalnej mikroflorze jelitowej, chociaż dokładna ich liczba, rodzaj oraz zróżnicowanie pozostają w sferze badań.

Do najliczniejszego rodzaju bakterii zasiedlających przewód pokarmowy należą *Bacteroides* sp. Stanowią one około 25% wszystkich bakterii przewodu pokarmowego. Są to Gram-ujemne pałeczki należące do bezwzględnych beztlenowców. Na ogół utrzymują one korzystne stosunki z gospodarzem, jednak w przypadku wydostania się poza przewód pokarmowy mogą powodować różne infekcje, np. bakterie-mię czy ropnie w wielu miejscach ciała. Gatunki z rodzaju *Bacteroides* sp. mają najlepiej wykształcony mechanizm oporności na antybiotyki i najwyższy wskaźnik odporności spośród wszystkich beztlenowych patogenów.

Do kolejnej grupy bakterii zasiedlających jelita należą *Bifidobacterium* sp. Wiele badań wykazało, że kluczową rolę w rozwoju układu odpornościowego jelit odgrywa kolonizacja tych bakterii w pierwszych 10 dniach życia. Przypuszcza się, że u niemowląt karmionych piersią ich liczba stanowi 90% wszystkich drobnoustrojów zasiedlających jelita. Prawdopodobnie wysoki poziom bifidobakterii w jelicie przyczynia się do zdrowia człowieka, prowadzi to do coraz częstszego wykorzystywania ich jako probiotyki.

Okazało się, że obecność tych drobnoustrojów korzystnie wpływa na różne choroby, w tym biegunkę związaną z rotawirusami lub choroby zapalne jelit, np. martwicze zapalenie jelit czy alergii. Właściwości immunostymulujące bifidobakterii mogą przyczynić się do tych korzystnych efektów. Jednak niewiele wiadomo na temat udziału tych bakterii w odporności. *Bifidobacterium* sp. wytwarzają kwas mlekowy i kwas octowy, które wykazują silne działanie bakteriobójcze, przez co zmniejszają populację mikroorganizmów chorobotwórczych (9). *Peptostreptococcus* sp. stanowią bardzo liczną grupę bakterii jelitowych. Zasiedlają dalsze odcinki przewodu pokarmowego, głównie okrężnicę.

Reprezentują one beztlenowe, Gram-dodatnie ziarniaki. Fermentują one kwas glutaminowy i inne aminokwasy znajdujące się w przewodzie pokarmowym oraz niezdolne są do fermentowania węglowodorów (10, 11).

Lactobacillus sp. wraz z *Bifidobacterium* sp. stanowią grupę bakterii probiotycznych, które można wyizolować ze sfermentowanych produktów mlecznych takich jak jogurty czy sery. *Lactobacillus* sp. należą do najliczniejszych bakterii kwasu mlekowego. Są to Gram-dodatnie pałeczki, aerotolerancyjne, nietworzące endospor. Kolonizują jelito grube i pozytywnie wpływają na mikroflorę autochtoniczną, skutecznie konkurując z bakteriami chorobotwórczymi (12).

Enterococcus sp. są wszechobecny, komensalnymi mieszkańcami przewodu pokarmowego ludzi i zwierząt. Występują w postaci dwoinek, które często trudno jest odróżnić od bakterii z rodzaju *Streptococcus*. Ze względu na to, że należą do grupy względnych beztlenowców, mogą zasiedlać także różne inne typy środowisk, takie jak: gleby, wody powierzchniowe, surowe produkty roślinne i zwierzęce. W tych warunkach mogą przetrwać, jak również rozprzestrzeniać się. Dawniej postrzegane były jako rodzaj bakterii, który ma minimalny wpływ na zakażenia kliniczne. Jednak obecnie powodują około 12% wszystkich zakażeń szpitalnych w Stanach Zjednoczonych.

Wiele najbardziej opornych szczepów należy do gatunków *Enterococcus faecium* i *Enterococcus faecalis*. *Enterococcus faecalis* odznaczają się zdolnością do kodowania feromonów płciowych, które stanowią swoisty sygnał do koniugacji (13, 14). Ponadto, posiadają zdolność do nabywania oporności na antybiotyki poprzez transfer plazmidów i transpozonów, wymianę chromosomów lub

mutacje. Wszystko to wpływa na fakt, że bakterie z rodzaju *Enterococcus* uznaje się za jedne z najbardziej odpornych bakterii przewodu pokarmowego i pomimo swojej niewielkiej liczby stanowią one poważne zagrożenie dla zdrowia człowieka.

PODSUMOWANIE

Nasza skóra jest zaskakująco zróżnicowana pod względem zasiedlających ją mikroorganizmów. Występuje duża zmienność w ich składzie gatunkowym. Przeprowadzone badania wskazują, że zaledwie 13% drobnoustrojów uzyskanych z powierzchni dłoni jest identyczna u dwóch osobników. Ponadto okazuje się, że społeczności bakteryjne są stosunkowo stabilne. Nawet mycie rąk powoduje tylko czasowe pozbycie się bakterii, które po kilku godzinach powracają do pierwotnego składu gatunkowego i ilościowego. Wszystkie obecnie znane szczepy występujące w organizmie człowieka są odporne na dostępne na rynku antybiotyki. *Streptococcus* to tlenowe, Gram-dodatnie bakterie kuliste, które układają się w charakterystyczne paciorki. *Streptococcus salivarius*, *mutans* oraz *oralis* stanowią mikroflorę jamy ustnej człowieka odpowiedzialną za powstawanie próchnicy. *Enterobacteriaceae* należą do Gram-ujemnych pałeczek względnie beztlenowych. Do przedstawicieli tej grupy bakterii zasiedlających przewód pokarmowy człowieka należą *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Shigella* sp. Bakterie te nie są patogenne pod warunkiem, że nie wydośćają się poza układ pokarmowy, ale gdy dostaną się np. do układu moczowego, mogą wywołać groźne powikłania będące przyczyną różnych, często uciążliwych chorób skóry, zwanych cywilizacyjnymi.

ADRES DO KORESPONDENCJI

Paweł Kowalczyk
Bionicum LTD
ul. Chełmska 21, 00-724 Warszawa
tel. +48 728-862-717
pawel.kowalczyk@bionicum.com.pl

PIŚMIENNICTWO

1. Dzierżanowska D: Mikroflora fizjologiczna człowieka. Opieka paliatywna nad dziećmi. Fundacja Warszawskie Hospicjum dla Dzieci, Warszawa 2009: 157-161.
2. Otto M: *Staphylococcus epidermidis* – the “accidental” pathogen. *Nat Rev Microbiol* 2009; 7(8): 555-567.
3. Schlegel HG: Mikrobiologia ogólna. Wydawnictwo PWN, Warszawa 2003: 123.
4. Ishibashi N, Yaeshima T: Bifidobacteria: their significance in human intestinal health. *Mal J Nutr* 1997; 3: 149-159.
5. Johnston LM, Jaykus LA: Antimicrobial resistance of *Enterococcus* species isolated from produce. *App Env Micr* 2004; 70: 3133-3137.
6. Salyers AA, Whitt DD: Mikrobiologia, różnorodność, chorobotwórczość i środowisko. Wydawnictwo PWN, Warszawa 2005: 225-235.
7. Niazi SA, Douglas C, Do T et al.: *Propionibacterium acnes* and *Staphylococcus epidermidis* isolated from refractory endodontic lesions are opportunistic pathogens. *J Clin Microbiol* 2010; 48(11): 3859-3869.
8. Davis CD, Milner JA: Gastrointestinal microflora, food components and colon cancer prevention. *J Nutr Biochem* 2009; 20(10): 743-752.
9. Menard O, Gafa V, Kapel N et al.: Characterization of immunostimulatory CpG-rich sequences from different bifidobacterium species. *App Env Micr* 2010; 76: 2846-2855.
10. Wexler HM: Bacteroides: the good, the bad, and the nitty-gritty. *Clin Microbiol Rev* 2007; 20(4): 593-621.
11. Biedrzycka E: Microecosystem of the large intestine as a target-place for probiotics and prebiotics used as functional compounds of diet – a review. *P J Food Nutr Sci* 2004; 13: 143-150.
12. Parks CL: A study of the human decomposition sequence in central Texas. *J Forensic Sci* 2011; 56: 1-10.
13. Żydek L, Bardzo M, Michalski M et al.: Wykorzystanie metod entomologicznych do oceny czasu zgonu – opis przypadków. *Arch Med Sąd Krym* 2007; 57: 347-350.
14. Chin HCh, Marwi MA, Mohd AF et al.: Study of insect succession and rate of decomposition on a partially burned pig carcass in an oil palm plantation in Malaysia. *Trop Biom* 2008; 25(3): 202-208.

nadesłano: 07.05.2015

zaakceptowano do druku: 18.05.2015