



Prof. dr hab.
Iwona Wawer
Emerytowany profesor
Warszawskiego Uniwersytetu
Medycznego, Zakład Zielařstwa
Państwowej Akademii Nauk
Stosowanych w Krośnie.

ŻYWIENIE W KOSMOSIE I NA ZIEMI

Wzrost zainteresowania życiem poza Ziemią wywołała obecność Polaka na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, ISS. Polski astronauta Sławosław Uznański-Wiśniewski powiedział, że chciałby Polski opartej na nauce, wiedzy i wizji. Podkreślił rolę współpracy międzynarodowej, bo „kosmos jednoczy ludzi”. Na stacji pracują Amerykanie, Rosjanie i obywatele innych krajów, ale ich organizmy tak samo reagują na promieniowanie kosmiczne, brak grawitacji, lęk i stres. Jak ich utrzymać w dobrej formie fizycznej i psychicznej?

Promieniowanie kosmiczne - jest groźne dla żywych organizmów, choć nasze zmysły go nie wyczuwają. Jego głównym źródłem jest Słońce, ale dociera też do Ziemi z przestrzeni międzygwiazdnych, z centrum Galaktyki. Składa się głównie z protonów (90%), ale ma też elektrony, neutrony, kwanty pro-

mieniowania gamma oraz cięższe cząstki. Natężenie promieniowania zależy od aktywności Słońca, jak również od szerokości geograficznej, bowiem wpływ ma pole magnetyczne Ziemi. Dawka promieniowania rośnie wraz z wysokością nad poziomem morza.

Kosmiczne zagrożenia

Samoloty latają na wysokości 10-11 km, gdzie jest środowisko niebezpieczne dla człowieka: rozrzedzone powietrze, niska temperatura i promieniowanie kosmiczne, choć wnętrze pasażerskiego samolotu jest przyjazne. Przelot samolotem pasażerskim przez Atlantyk trwa ponad 7 godzin, w czasie lotu na wysokości 11 km otrzymuje się dawkę 0,016 milisiwertów (mSv). Personel linii lotniczych spędzający rocznie 600 godzin w powietrzu otrzymuje dawki promieniowania ok. 3 mSv, to więcej niż pracownicy elektrowni jądrowych. Większe dawki dostają też pasażerowie często latający na długich transoceanicznych trasach.

Jeszcze większe dawki otrzymuje personel Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, ISS, która jest ok. 400 km nad Ziemią, na niskiej orbicie LEO. Dawka promieniowania kosmicznego zależy od długości pobytu na ISS; obecnie pracująca załoga spędzi tam 6 miesięcy. Dużym zagrożeniem jest możliwość zderzenia z meteoroidami i kosmicznymi śmieciami. Jednym z głównych zadań Stacji Kosmicznej jest prowadzenie badań naukowych w warunkach mikrogravitacji, co pozwoli na lepsze poznanie funkcjonowania ludzkiego organizmu. Jak utrzymać w zdrowiu załogi ISS? Cenne sugestie i dane pochodzą od pilotów wojskowych i cywilnych.

Dieta pilotów

Skutkiem działania promieniowania jonizującego jest tworzenie się wolnych rodników, które mogą uszkadzać lipidy, białka, DNA. Groźne są aberracje chromosomowe: pęknięcia nici DNA, translokacje, mutacje. Wykonane w 2009 r. badania DNA amerykańskich pilotów pokazały, że częstość translokacji rośnie wraz ze wzrostem ekspozycji na promieniowanie, czyli z wylatanymi godzinami. Jedyne możliwe przeciwdziałanie to zapewnić odpowiednią dietę, bo genotoksyczne efekty można zmniejszyć podając antymutageny i antyoksydanty. Najlepsze są te obecne w żywno-

ści, ponieważ można je stosować przez całe życie. **Trzeba regularnie jeść dużo owoców i warzyw.**

Rolą pilota jest selekcja ogromnej ilości informacji, a stres psychiczny wynika z odpowiedzialności za losy samolotu. Niższa zawartość tlenu w kabinie powoduje zmęczenie, senność, gorsze samopoczucie. Ale pilot musi być w formie, mieć sprawnie działający mózg i być odporny na choroby. Szkodliwe efekty środowiska pracy latającego personelu można zmniejszyć stosując odpowiednią dietę. Ochronę przed uszkodzeniami zapewniają mikroskładniki odżywcze o właściwościach antyoksydacyjnych. Wykonano badania z udziałem 83 amerykańskich pilotów w wieku 35-56 lat (zdrowych, niepalących), oznaczono liczbę translokacji DNA jako biomarkera ekspozycji na promieniowanie kosmiczne, jednocześnie monitorując spożycie warzyw, owoców, witamin C i E. **Liczba uszkodzeń DNA była tym mniejsza, im większe było spożycie produktów spożywczych z witaminami i karotenoidami.** Zmniejszenie liczby translokacji u pilotów spożywających dużo witaminy C i E wyniosło 58%, ale najlepszy efekt (73%) dała dieta bogata w pięć różnych antyoksydantów, co sugeruje ich synergistyczne działanie ochronne.

Chory astronauta

Do pracy na ISS, a w perspektywie do lotów na Księżyc, wybiera się najzdrowszych kandydatów. Testowane są ich warunki fizjologiczne i psychologiczne, w tym skłonność do depresji. Ale czy długo pozostaną zdrowi poza Ziemią? W stanie nieważkości płyny ustrojowe przesuwają się ku górze ciała. Groźny może być ich ucisk na mózg powodujący bóle głowy. Astronauci muszą liczyć się także z zanikami mięśni, osłabieniem kości, pojawieniem się kamieni w nerce. W kosmosie rozregulowuje się układ odpornościowy, następują zmiany bakteryjnej flory jelitowej. Promieniowanie kosmiczne może powodować uszkodzenia w śródbłonku naczyń krwionośnych, uszkadzać komórki nerwowe, co może wywoływać pogorsze-



nie pamięci, problemy z podejmowaniem decyzji, niepokój, bezsenność i depresję.

Wysłanie załogowej misji na Marsa zaplanowano na 2030 rok, choć liczni eksperci ostrzegają, że będzie to wyprawa samobójcza. Lot w jedną stronę potrwa 4-9 miesięcy. Na Marsie zdrowiu uczestników zagrażają: niskie temperatury (do -100°C), niskie ciśnienie, toksyczna atmosfera z 95% CO_2 , niska grawitacja (30% ziemskiej), brak pola magnetycznego, a więc silne promieniowanie kosmiczne. Mars Society (Polska) i lekarze z Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego przygotowują projekt wyposażenia medycznego dla misji kosmicznych. Wiadomo, że przydadzą się leki na krążenie (przeciwzakrzepowe), osteoporozę, leki nasenne i antydepresanty.

Żywność dla astronautów i kosmonautów

Trzeba zabrać odpowiednią żywność z Ziemi lub wyhodować ją na stacji. Potrzebne są nie tylko odżywki białkowe i witaminy, ale też warzywa i owoce bogate w antyoksydanty. Systemy żywienia w lotach kosmicznych opracowane w USA początkowo ograniczały się do past lub produktów suszonych. Obecny system żywienia na niskiej orbicie oko-



łoziskiej wciąż opiera się na żywności konserwowanej (liofilizatach), a także na świeżej często dostarczanej z Ziemi. System żywnościowy przyszłości musi nie tylko zaspokajać zapotrzebowanie astronautów na kalorie i składniki odżywcze, ale także zapewniać odporność psychiczną i łagodzić skutki stresu. Wśród niezbędnych składników odżywczych dla mózgu są długołańcuchowe kwasy tłuszczowe omega-3, w tym DHA, witaminy antyoksydacyjne (C i E), witamina D, witaminy z grupy B, w tym B12, a także żelazo, magnez i cynk.

W zaspokojeniu zapotrzebowania mogą pomóc **glony**. Sprawdzono, że algi mogą rosnąć w środowisku mikrogra-

witacji. Mogą one wychwytywać węgiel w ekosystemach działających w obiegu zamkniętym; niektóre gatunki, takie jak **Chlorella**, mogą pozyskiwać wszystkie składniki odżywcze z powietrza i wody. Grzyby jadalne są jedynym niezwykłym źródłem witaminy D w diecie i są uprawiane w kontrolowanych warunkach. **Grzyby wystawione na działanie promieniowania UVB zaspokajają ponad 100% dziennego zapotrzebowania na witaminę D.** Opracowanie żywności bogatej w składniki odżywcze zarówno z grzybów, jak i alg, pomoże w pokonaniu trudności związanych z tworzeniem smacznego pożywienia na potrzeby długotrwałych misji.

Składniki odżywcze niezbędne do optymalizacji funkcji mózgowych i poznawczych astronautów na ISS na niskiej orbicie okołoziemskiej różnią się od tych, które będą potrzebne podczas misji na Księżycu czy długiej wyprawy międzyplanetarnej. Wiele



ośrodków naukowych na świecie poszukuje substancji chroniących tkanki organizmu przed promieniowaniem jonizującym. W badaniach stosowano związki zawierające siarkę, takie jak cysteina i glutation, a także związki selenu. **Selenocysteina** jest w **czosnku i brokułach**, selenometionina w produktach zbożowych i drożdżach.

Większe narażenie na promieniowanie powinno być kompensowane zwiększonym spożyciem takich produktów jak: **ciemne owoce jagodowe (aronia,**

borówki amerykańskie, jagody kamczackie, czarne porzeczki, czarny bez) rokitnik, buraki, żeń-szeń, ekstrakt z miłorzębu, ekstrakt z ostropestu z sylimaryną, ekstrakt



z kory sosny, ale również popularnych ziół, jak **mięta** czy **rozmaryn**. Działania ochronne tych preparatów wykazano na zwierzętach (myszach i szczurach). Działanie ochronne przed promieniowaniem jonizującym mają też inne preparaty i związki izolowane z roślin, np. **ekstrakt z zielonej herbaty** o dużej zawartości galusanu epigalokatechiny czy **kurkumina**, główny składnik przyprawy curry, która jest



powszechnie stosowana, nie tylko w Azji.

Aronia jest jednym z najlepiej przebadanych i najefektywniejszych surowców promieniochronnych, a Polska jest światowym liderem w jej produkcji. Przetwory aroniowe, koncentrat soku z aronii, liofilizowane owoce, a zwłaszcza suchy ekstrakt antocyjanów aroniowych mogłyby pomóc w zachowaniu zdrowia w sytuacji, gdzie ludzie są w większym stopniu narażeni na promieniowanie jonizujące.

Podsumowanie

Znaczenie życia na Ziemi dobrze widać z odległości, z pokładu stacji orbitalnej ISS. Patrząc na wrogi nam Kosmos, uczyliśmy się cenić warunki na Ziemi, wodę, powietrze i zielen. Ochrona Ziemi to problem międzynarodowy, nie ma planety B!

Stacja ISS wkrótce zakończy pracę. W planach jest zbudowanie bazy na Księżycu, ludzie muszą tam przeżyć i pracować! Uczelnie, takie jak Warszawski Uniwersytet Medyczny, mogą się włączyć w badania projektując zestaw leków, żywność i odżywki dla astronautów. Możemy zaproponować produkty bogate w antyoksydanty, zawierające substancje o udowodnionym działaniu prozdrowotnym, w tym promieniochronnym.

Liofilizowane produkty o wysokiej gęstości odżywczej zawierające owoce jagodowe, algi, grzyby i zioła przydadzą się też na Ziemi. Można je polecać w profilaktyce chorób układu krążenia, chorób neurodegeneracyjnych oraz depresji.

Europejska Agencja Kosmiczna zakłada, że każde euro wydane na badania kosmiczne zwróci się czterokrotnie. Każda złotówka wydana na żywność „kosmiczną” zwróci się, bo będziemy mieli zdrowszych obywateli.

Bibliografia:

1. Yong LC, Sigurdson AJ, Ward EM, et al. Increased frequency of chromosome translocations in airline pilots with long-term flying experience. *Occup Environ Med* (2009) 66:56–62.
2. Weiss JF, Landauer MR. Protection against ionizing radiation by antioxidant nutrients and phytochemicals. *Toxicology* (2003) 189:1–20.
3. Yong LC, Petersen MR, Sigurdson AJ, Sampson LA, Ward EM. High dietary antioxidant intakes are associated with decreased chromosome translocation frequency in airline pilots. *Am J Clin Nutr* 90 (2009) 1402–10.
4. Sihver L, Mortazavi SMJ. Biological Protection in Deep Space Missions. *J Biomed Phys and Eng*. (2021) 11(6): 663-674.
5. Goss M., Wawer I., Paradowska K., Radioprotekcyjne właściwości ekstraktów z kory sosny, *Herbalism*, 2022 1(8): 73-84.
6. Wawer I, Paradowska K, Roślinne surowce radioprotekcyjne, *Postępy Fitoterapii*, 2022, 23(3): 142-150.