

TURYSTYKA KOSMICZNA A ORGANIZM CZŁOWIEKA

W 2001 roku, kiedy to 60-letni Dennis Tito, po kilkudniowym pobycie w Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, stał się pierwszym kosmicznym turystą, termin „turystyka kosmiczna” stał się możliwy do urzeczywistnienia. W kosmos poleciało dotąd trzech turystów, mężczyzn, oraz jedna turystka, kobieta. Turystyka kosmiczna jest stosunkowo młodą dziedziną astronautyki. Jednakże po wyprawie pierwszych turystów, podróżujących w kosmosie bez specjalnego przygotowania profesjonalnego, do udostępnienia lotów kosmicznych szerokiemu ogółowi społeczeństwa jest niestety jeszcze daleko, mimo, że wiele kroków na tej drodze już uczyniono (Frazer 1991; Polyakov 1992; Pisteccky i wsp. 1992, Bonde-Petersen 1994; Kondakova, Polyakov 1995; White 1998).

Jeśli wziąć pod uwagę wyłącznie fizyczną odległość, kosmos jest położony dość blisko nas. Około 90-100 km ponad naszymi głowami rozciąga się przestrzeń, przez którą mogą przebiegać najniższe punkty orbit satelitów, co uznano prawnie za początek przestrzeni kosmicznej. Jednak odległość od Ziemi to nie wszystko. Przedostanie się na tę wysokość – i ponad nią – wymaga znacznych ilości energii i odpowiednich statków. Wymaga też specjalnego oprzyrządowania, bez którego organizm ludzki nie mógłby przeżyć w przestrzeni kosmicznej.

Celem niniejszej pracy jest ukazanie problemów z zakresu fizjologii człowieka pod kątem lotu i przebywania w kosmosie, jak również zwrócenie uwagi na rozwijającą się, formę turystyki kosmicznej poprzez opisanie jej na tle złożoności organizmu ludzkiego i możliwości jego adaptacji. Czy człowiek chce latać w kosmos i dlaczego? Czy narażanie życia jest nieuniknione?

Fizjologiczne mechanizmy adaptacyjne organizmu ludzkiego wykształciły się w toku ewolucji i to zdecydowało o ich działaniu obecnie. Należy jednak pamiętać, że sprawność mechanizmów pozwalających organizmowi przystosować się do środowiska ma swoje granice. Przekroczenie tych granic spowodowane konfrontacją organizmu ze środowiskiem całkowicie odmiennym niż to, do którego organizm jest przystosowany, powoduje zaburzenia zagrażające życiu i zdrowiu.

W przypadku turystyki kosmicznej człowiek sam naraża się na działanie czynników jemu zagrażających. Postępowanie człowieka jako istoty skomplikowanej pod względem zarówno somatycznym, jak i funkcjonalnym i psychicznym wynika, w tym przypadku, z jego cech psychicznych. Nie jest jednak do końca niezrozumiałe. Pasja poznawania nieznanego zmusza człowieka do zachowań, które stwarzają zagrożenie dla sprawności funkcjonowania jego własnego organizmu. A pasją taką jest właśnie eksploracja kosmosu. Tym niemniej, by móc wznieść się ponad Ziemię, w warunki człowiekowi niesprzyjające, trzeba dochować pewnych zasad spójnych z biologią człowieka.

Warunkiem, bowiem, przetrwania w danych warunkach jest zachowanie homeostazy, czyli stanu wewnętrznej równowagi organizmu. Gdy pojawia się czynnik zaburzający tę równowagę, następuje adaptacja do nowych warunków środowiskowych. Jednakże w kosmosie, przede wszystkim wskutek braku grawitacji, są one tak niekorzystne dla człowieka, że adaptacja ta prowadzi do degradacji biologicznej organizmu ludzkiego. Stało się to przedmiotem badań naukowych. Dzisiejszy stan wiedzy pozwala częściowo określić możliwości i reakcje naszego organizmu w warunkach bardzo odmiennych od tych, które panują na Ziemi. Potrzeba czasu na dokładne i szczegółowe wyniki badań nad wpływem lotu kosmicznego na ludzki organizm i przebywanie człowieka w kosmosie (White 1998).

Turystyka - z czym dokładnie możemy utożsamiać ów termin? Samo słowo pochodzi z języka francuskiego, od pojęcia „tour”, co oznacza wycieczkę, bądź podróż kończącą się w miejscu, gdzie nastąpił wyjazd. Turystyka, jest to forma czynnego wypoczynku poza miejscem stałego zamieszkania, związana z celami poznawczymi i elementami sportu, zwykle traktowana jako jedna z form kultury fizycznej lub jako część krajoznawstwa, gdy dominuje element poznawczo-dydaktyczny. W szerszym znaczeniu turystyka obejmuje wszelkie formy dobrowolnej zmiany miejsca pobytu, jeśli nie jest ona związana z pracą lub zmianą miejsca zamieszkania. W wydawnictwach encyklopedycznych można spotkać wiele definicji słowa „turystyka”. Wobec ogólnego założenia turystyki można ocenić, że podróż w kosmos ma również taki charakter. Przesądza o tym przede wszystkim element poznawczo-dydaktyczny, bo przecież po to człowiek tam leci, żeby zobaczyć, poznać i odczuć (Stanisławski 2005).

Na początku XX wieku, stawiającym pierwsze kroki konstruktorom lotniczym, oferowano nagrody, by zachęcić ich do stworzenia latających maszyn. Jedną z najśłynniejszych była chyba Nagroda Orteiga, która zachęciła Charlesa Lindbergha do słynnego lotu nad Oceanem Atlantyckim. Z długiej tradycji nagród, promujących postęp XX wieku i mających wpływ na rozwój lotnictwa, wywodzi się też nagroda X. Celem tej

nagrody jest stworzenie takiego samego bodźca rozwojowego dla lotów kosmicznych w XXI wieku, w nadziei na powstanie pierwszego programu komercyjnych lotów w kosmos.

Nagroda X, w wysokości 10 mln dolarów, miała przypaść pierwszemu zespołowi finansowanemu ze środków prywatnych, któremu uda się zbudować i wystrzelić statek z trzema osobami na pokładzie na wysokość 100 km nad Ziemię i bezpiecznie wrócić. Zdobywca nagrody musiałby dokonać tego dwa razy w ciągu dwóch tygodni. W ciągu kilku lat w zawodach wzięło udział 26 zespołów z 7 krajów. W listopadzie 2004 roku nagrodę przyznano firmie Mojave Aerospace Ventures z Kalifornii. Na czele zespołu stanął Burt Rutan, któremu udało się wylecieć w kosmos dwa razy na pokładzie statku SpaceShipOne, a co najważniejsze szczęśliwie powrócić 29 września i 4 października 2004 roku (Droba 2004).

Istnieje dziś kilka firm, które działają w zakresie rozwijania turystyki kosmicznej. Przedsiębiorstwo, które ma już za sobą wysłanie dotychczasowych turystów, to firma Space Adventures. Korzysta ono głównie z usług Rosyjskiej Agencji Kosmicznej, szkolącej astronautów-amatorów i zapewnia ich transport na stację kosmiczną za pomocą swoich statków Sojuz. Jest to amerykańska firma, która działa od 1998 roku i w swej ofercie oprócz lotów kosmicznych ma także: turystykę podwodną, loty samolotami, loty suborbitalne i treningi astronautyczne. Turystyka podwodna może być bardzo cennym przygotowaniem do wypraw turystycznych na Europie, księżycu Jowisza, gdzie, jak stwierdzono, występuje woda. Space Adventures współpracuje z Gwiezdnym Miasteczkiem pod Moskwą, gdzie szkolił się 29 lat temu Mirosław Hermaszewski, polski kosmonauta.

W Gwiezdnym Miasteczku można przejść przeszkolenie, które obowiązuje kosmonautów przygotowujących się do prawdziwego lotu w kosmos. Ważnymi elementami tego szkolenia są nurkowanie w basenie z elementami stacji kosmicznej, wirówka oraz trening na symulatorach statku Sojuz. Na początku ubiegłego roku firma ogłosiła, że razem z konsorcjum z Singapuru ma zamiar wybudować centrum lotów kosmicznych i centrum szkoleniowe dla ludzi mających odbyć podróż kosmiczną. Oczywiście wybrane miejsce – Singapur - jest strategiczne. Chodzi przede wszystkim o położenie geograficzne, infrastrukturę komunikacyjną oraz poziom rozwoju gospodarczego. Głównym celem realizacji tego projektu są suborbitalne (nie na orbicie) podróże kosmiczne. W samolocie, który wyniesie turystów na wysokość ponad 100 km będzie można doznać stanu nieważkości i podziwiać z jednej strony otchłan kosmosu, a z drugiej obraz Ziemi z jej charakterystyczną kulistością. Z pewnością firma, budując własny port kosmiczny chce się uniezależnić i wysłać turystów z należącego do niej miejsca (Kruk 2001).

Inną, ciekawą firmą jest Virgin Galactic. Jej właścicielem jest Richard Branson, angielski przedsiębiorca. Początki jego kariery w biznesie wiążą się z założeniem gazety. Później wraz z kolegami otworzył firmę Virgin, która zajmowała się wysyłkową sprzedażą płyt muzycznych. W latach siedemdziesiątych „rozwinął skrzydła” dzięki branży fonograficznej. Wydając płyty, odkrywał kolejne gwiazdy muzyki, a przy tym zarabiał niebagatelne kwoty pieniędzy. Kiedy w 1992 roku Branson postanowił sprzedać wytwórnię, dostał za nią prawie 1 mld dolarów. Dziś jest właścicielem wielu firm, m.in. linii lotniczych (Virgin Airlines) i biur podróży (Virgin Travel), a także hoteli. Jest również właścicielem małej wyspy, na której pobyt znajduje się w ofercie jego biura podróży. W 1986 roku, na łodzi Virgin Atlantic Challenger II, Richard Branson podjął wyzwanie przepłynięcia Oceanu Atlantyckiego w najkrótszym, rekordowym wówczas czasie. Rok później znów postanowił przemierzyć Atlantyk tyle, że tym razem balonem Virgin Atlantis Flyer. To pierwsza taka udana próba balonowa w ogóle i największy wtedy balon w historii.

W 1991 roku Richard Branson przebył balonem największy dystans w historii - 6700 mil, przecinając Pacyfik z Japonii do arktycznej Kanady. Następnej przygody z balonem omal nie przypłacił życiem, a jego partner faktycznie walczył o życie, kiedy balon runął do lodowatego morza u wybrzeży Irlandii. Branson chce zbudować prywatną flotę statków kosmicznych, które wyniosą na orbitę Ziemi wszystkich chętnych. Jego współnikami są w tym projekcie tak nietuzinkowe postacie, jak Paul Allen, współzałożyciel Microsoftu, milioner Steve Fossett i konstruktor Burt Rutan, twórca odrzutowca Virgin Atlantic Global Flyer, na którym Steve Fossett obleciał kulę ziemską w 67 godzin, bez międzylądowań i tankowania. Firma chce także zainwestować 100 mln dolarów i wybudować większą wersję SpaceShipOne, która będzie mogła zabrać na pokład do 5 osób. Virgin Galactic ma w dalszych planach rozwój turystyki kosmicznej. Przyszły SpaceShipOne ma startować z pustyni Mohave w USA, potem firma chce przygotować nowe pola startowe na Florydzie i w Wielkiej Brytanii (Droba 2004).

W ostatnim czasie, z kolei, budowę kosmodromu turystycznego w Teksasie oraz statku, którym turyści mogliby udać się w loty suborbitalne, zapowiedział Jeff Bezos, założyciel sklepu internetowego Amazon.com. Jego pojazd raketowy ma startować i lądować pionowo, natomiast podczas lądowania wykorzystywać do hamowania zwrócony w dół silnik. W podobny sposób lądują brytyjskie samoloty myśliwskie Harrier. Takiego manewru nie wykorzystywano jeszcze do tej pory w sprowadzaniu na Ziemię statków kosmicznych (Droba 2004).

Następną postacią, która kojarzy się z nietuzinkowymi pomysłami na turystykę kosmiczną jest Robert Bigelow, amerykański przedsiębiorca, potentat branży hotelowej. Jego pomysł to nadmuchiwana stacja kosmiczna jako hotel dla turystów i ewentualnie naukowców. Nadmuchiwana, bo wiąże się to z mniejszymi kosztami transportu na orbitę. Wyniesienie w przestrzeń kosmiczną każdego kolejnego kilograma ładunku to koszty rzędu kilkudziesięciu tysięcy dolarów. Plany wysłania nadmuchiwanego hotelu sięgają lat 2010-2015, chociaż już teraz testowany jest balon, którego powłokę stanowi kevlar – materiał o wysokiej wytrzymałości. Rosyjska rakieta już wyniosła 12 lipca 2006 roku, na wysokość około 550 km, 1360-kilogramowy model kosmicznego hotelu. Po wypełnieniu sprężonym powietrzem osiągnął on rozmiar 4.5m x 2.5 m (Droba 2004).

Eksperymentalny hotel ma krążyć nad Ziemią przez pięć lat. Będzie poddawany przeróżnym testom bezpieczeństwa. W drugiej fazie na orbitę polecą właściwa część pierwszego hotelu kosmicznego. W miarę zapotrzebowania na wypoczynek w takim miejscu, na orbicie umieszczane będą kolejne nadmuchiwane moduły i tak powstanie kompleks hotelowo-gastronomiczny pod nazwą Nautilus. Jednakże rodzi się problem: jak w miarę tanio, bezpiecznie i regularnie tam kursować? I tu kolejną motywacją do rozwoju sektora lotów kosmicznych jest nagroda, którą Robert Bigelow obiecał temu, kto do 2010 roku zbuduje pojazd zdolny w ciągu 60 dni dwukrotnie wynieść na orbitę 7 pasażerów i zacomować do stacji kosmicznej (hotelu). Nagroda - America's Space Prize wynosi 50 mln dolarów (Droba 2004).

Rosjanie oczywiście nie próżnują. Poza tym, że we współpracy z wspomnianą wcześniej firmą Space Adventures wysyłają kolejnych turystów, swoimi pojazdami kosmicznymi Sojuz, równocześnie budują prom o nazwie Kliper. Kliper będzie to pojazd zabierający na pokład 6 osób i ładunek o wadze około 700kg. Jest to mało w porównaniu z promem kosmicznym typu Columbia, który może wynieść na orbitę 10 astronautów i kilkanaście ton ładunku. Mniejsze rozmiary Klipera mają spowodować obniżenie kosztów lotu do około 50 mln dolarów (lot Columbii około 1 mld). Oczywiście mały i zwinny Kliper ma być pojazdem wielokrotnego użytku, co Rosjanie obliczają na około 25 lotów. Głównym celem tego pojazdu ma być wyniesienie ludzi w kosmos, przede wszystkim na Międzynarodową Stację Kosmiczną, ale także na Księżyc. Kiedy trzeba będzie zabrać większy ładunek to zostanie on wystrzelony rakieta bezzałogową. Rosyjska Agencja Kosmiczna twierdzi, że budowa pojazdu zakończy się w latach 2010-2012, co Władimir Putin, który zainteresował się projektem, określił jako odległy plan (Stanisławski 2005).

Jest wiele firm, które sprzyjają rozwojowi przyszłej turystyki kosmicznej. O ich liczbie świadczy choćby fakt, że wielu chętnych próbowało zdobyć nagrodę X. Poza instytucjami rządowymi sektor prywatny staje się głównym motorem napędowym tej formy turystyki. Konkurencja w dużej mierze przyczynia się do szybkiego rozwoju tej dziedziny. Coraz więcej firm ma w planach ofertę lotów w kosmos, a te, które już działają, mnożą swe propozycje. Nie tylko Stany Zjednoczone i Rosja dokonują w tym kierunku postępu. Również Japonia i Chiny planują odnieść sukcesy na tym polu (Stanisławski 2005).

W fazę konstrukcyjną wchodzi, bowiem, nowa generacja pojazdów, w równym stopniu uwzględniających wymogi ekonomii jak i bezpieczeństwa lotu. Priorytetowe są tu względy ekonomiczne, przeważnie pomijane przy projektowaniu systemów transportowych, finansowanych przy użyciu pieniędzy publicznych, a możliwe do osiągnięcia w przypadku wielokrotnego wykorzystania pojazdu. Zniknąć ma również główny składnik kosztów dzisiejszych systemów transportowych, a więc utrzymanie wielkiej rzeszy techników naziemnych, jest to związane z koniecznością wytwarzania od nowa kolejnych egzemplarzy pojazdu (np. rosyjskie rakiety Sojusz), bądź też jego gruntownej renowacji (w przypadku amerykańskich wahadłowców).

Nowa generacja pojazdów, powstająca dzięki środkom prywatnych inwestorów, będzie wykonana w dużej mierze przy użyciu lekkich i wytrzymałych materiałów kompozytowych, co umożliwi zwiększenie masy ładunków, a więc jeszcze bardziej zwiększy opłacalność lotów. W nową formułę podróży kosmicznych wpisze się także spadek wymagań co do kondycji fizycznej pasażerów oraz skrócenie treningów wytrzymałościowych (Wojtkowiak 2004).

Oczywiście głównym napędem tego sektora działalności jest potrzeba człowieka, którą często antycypują firmy, dla których turystyka kosmiczna staje się czystym zyskiem. Dzięki rozwojowi technicznemu wzrastają możliwości i maleją koszty, choć na razie ich poziom jest wysoki, co w rezultacie stanowi barierę dla większości chętnych do tego typu przeżyć. Z różnych źródeł słychać o przychodach z turystyki kosmicznej, które za kilkanaście lat mają plasować się na poziomie kilku mld dolarów rocznie. Z drugiej strony należy zachować dozę sceptycyzmu, co do obietnic w sprawie czasu realizacji większości projektów, gdyż patrząc wstecz, „poślizg” zdarza się bardzo często. Niemniej jednak turystyka kosmiczna będzie naszą przyszłością czy nam się to podoba, czy nie.

Zadając podstawowe pytanie: Dlaczego człowiek chce latać w kosmos jako turysta?, trzeba odpowiedzieć: Ponieważ chce i może to robić! Jednakże czy człowiek to istota doskonała?

Człowiek kształtuje się w procesie rozwoju osobniczego – ontogenezy. Oznacza ona procesy zachodzące w organizmie, ukierunkowane przez cechy genetyczne i warunki środowiskowe. Celem jest uzyskanie przez organizm samodzielności i utrzymanie zdolności do rozmnażania w określonych warunkach bytowania. Zmienność genetyczna wpływa w szczególny sposób na rozwój osobniczy człowieka. Narastanie tej zmienności ma swoje źródło w ograniczeniu selekcji naturalnej, hamowanej warunkami socjalnymi i rozwojem medycyny.

Podczas rozwoju, kształtują się cechy osobowości biologicznej, czyli rozwoju fizycznego oraz właściwości charakteru i inteligencji, czyli cechy osobowości psychicznej. Kształtowanie się osobowości biologicznej polega na wzroście organizmu oraz doskonaleniu budowy i funkcji ciała. Kształtowanie osobowości psychicznej też jest powiązane z podłożem biologicznym, tj. doskonaleniem struktury i funkcji układu nerwowego. Na rozwój osobniczy mają wpływ czynniki endogenne i egzogenne. Endogenne są to mechanizmy wyływające z dziedziczenia cech rodziców - czynniki genetyczne. Egzogenne natomiast, to czynniki środowiskowe. Mają one wpływ na rozwój oraz styl życia człowieka. Współzależność między oddziaływaniem czynników endogennych i egzogennych w rozwoju polega na tym, iż czynniki egzogenne modyfikują przebieg rozwoju organizmu zdeterminowanego genetycznie, a czynniki endogenne stwarzają określone predyspozycje w stosunku do czynników środowiska zewnętrznego.

Zasadniczy wpływ na prawidłowy przebieg rozwoju organizmu ma ruch związany z pracą fizyczną, sportem i zabawą, a także obciążenie psychiczne związane z pracą umysłową, temperamentem, itp. Czynniki te w różny sposób wpływają na funkcje fizjologiczne, choćby takie, jak krążenie, oddychanie, trawienie lub przemiana materii. Każdy człowiek, jako jednostka, posiada różne, sobie tylko właściwe, cechy psychiczne i fizyczne. Tym samym reakcje organizmu na czynniki środowiska, a przede wszystkim natężenie tych reakcji, jest różne u różnych osób, w różnych warunkach. Tolerancja tych warunków zależy od homeostazy organizmu oraz, związanej z nią, kondycji fizycznej i psychicznej, czyli od prawidłowej pracy poszczególnych układów. W różnych sytuacjach czynniki zewnętrzne (np: przeciążenie, temperatura, nieważkość, itd.) wywołują reakcje, które mają przywrócić stan równowagi homeostatycznej. Reakcje te mają charakter złożony, a ich prawidłowość opiera się na sprawnym działaniu wszystkich elementów „skomplikowanej maszyny”, jaką jest organizm człowieka (White 1998).

Ciało ludzkie składa się z narządów stanowiących zbiór tkanek zorganizowanych według określonego planu i przystosowanych do wykonywania określonych czynności, które

są możliwe dzięki integracyjnej i regulacyjnej roli układu nerwowego i hormonalnego. Rola ta jest tak duża, że możliwe jest nawet uruchomienie reakcji kompensacyjnych, które działają już w chwili wyprzedzającej nastąpienie znanego wcześniej bodźca, np. organizm pilota, w czasie treningu poddawany zmianom sił przeciążeń jest w stanie zareagować tuż przed mającym wystąpić przeciążeniem. Układ regulacyjny działa na zasadzie sprzężenia zwrotnego. Mechanizm ten jest opisany dokładniej w rozdziale o przeciążeniach działających na człowieka podczas startu i lotu kosmicznego (White 1998; Egorov 2001; Long 2001; Voronkov i wsp. 2003).

Mimo ogromnego postępu wiedzy, w tym nauk medycznych, jaki dokonał się w ostatnich dziesięcioleciach, ciało ludzkie kryje w sobie ciągle jeszcze wiele fascynujących, niezbadanych tajemnic. Jednak czy można stwierdzić, że człowiek jest istotą doskonałą? Z pewnością odpowiedź będzie negatywna, kiedy spojrzy się choćby na ilość chorób, z jakimi człowiek się boryka. Jednakże, aby mógł realizować zadania wszechstronnego doświadczania zmienności praw fizyki, jest bardzo elastyczny funkcjonalnie w przystosowywaniu się do określonych warunków egzystencji. Dlatego też organizm człowieka jest najbardziej skomplikowaną, samosterującą się maszyną znaną w przyrodzie. Wszystkie jego zmysły i organy są potrzebne do doświadczania życia i w granicach fizjologicznych, mogą przystosowywać się do określonych wymogów (Nicogossian, Pober 2001; Graebe i wsp. 2004).

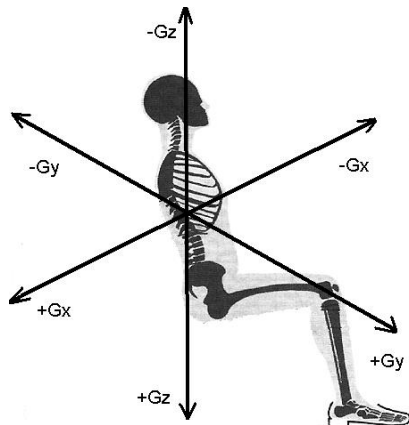
W czasie lotu w kosmos problemem staje się zjawisko przeciążeń. Na powierzchni Ziemi na człowieka działa grawitacja związana z przyciąganiem ziemskim (przyspieszenie ziemskie). Przeciążenie związane jest ze zmianą wielkości lub kierunku tego przyspieszenia. W lotach kosmicznych spotykamy się z tym zjawiskiem przy starcie, przy lądowaniu, jak też przy zmianach prędkości i kierunku lotu, związanych z manewrami w przestrzeni kosmicznej. Przyspieszenie ziemskie wynosi około 9.81 m/s^2 , co – poprzez wyrażenie za pomocą grawitacji - wynosi $1g$. Przeciążenie jest, więc, wyrażane wielokrotnością przyspieszenia ziemskiego dodatniego $2g$, $3g$, $4g$, jak też i ujemnego $-1g$, $-2g$, itd.

Ziemia przyciąga ze stałą siłą. W momencie przyspieszenia lub zmiany kierunku tego przyspieszenia na ciało działa siła skierowana odwrotnie do wektora przyspieszenia. Tą siłą jest właśnie przeciążenie. Rozróżniamy różne rodzaje przyspieszeń, pierwsze to przyspieszenie liniowe spowodowane zmianą prędkości przy zachowaniu tego samego kierunku lotu – pionowy start, pionowe lądowanie. Przyspieszenie dośrodkowe, w którym prędkość się nie zmienia a zmienia się kierunek lotu. Przyspieszenie kątowe, które to występuje podczas obrotu względem własnego środka ciężkości. Przyspieszenie Coriolisa,

które występuje w czasie sumowania się ruchu krzywoliniowego z prostoliniowym (Wojtkowiak 2004). Człowiek w życiu codziennym spotyka się z przeciążeniem o małej wielkości, np. podczas biegu, przy skokach z wysokości, przy poruszaniu się pojazdami, w wesołym miasteczku – tu już przeciążenia osiągnane na niektórych urządzeniach takich, jak kolejki górskie, mogą dochodzić do wielkości 2,5 g, lecz takie wartości nie zagrażają bezpośrednio życiu ludzkiemu, a mogą wywołać jedynie chwilowe dolegliwości (Wojtkowiak 2004; Gerzer, Heer 2005).

Jednak człowiek w procesie ewolucji nie mógł i nie przystosował się do przeciążeń, które występują w pojazdach kosmicznych, czy też w samolotach myśliwskich i akrobatycznych. Toteż badania nad reakcją organizmu i ich skutkami na organizm człowieka są niezbędne. Podstawowym symulatorem przeciążeniowym jest tzw. wirówka. Jest to urządzenie, które umożliwia wywołanie stanu przeciążenia w dużym zakresie, mogącym spowodować przekroczenie granicy biologicznej przeciążenia, czyli śmierci. Oczywiście nie taki jest zamiar stosowania owego urządzenia. Kabina wirówki ma regulowany kąt położenia, co umożliwia wywołanie przeciążeń skierowanych w różnych kierunkach na ciało, również regulowane jest położenie fotela. Tolerancja organizmu na przeciążenia zależy od siły, kierunku i czasu trwania tego przeciążenia. Rozróżnia się podstawowe kierunki przeciążeń, kierunek od głowy do nóg określa się jako +Gz, kierunek odwrotny (od nóg do głowy) –Gz, kierunek klatka piersiowa – kręgosłup +Gx odwrotny –Gx.

Najgorzej tolerowane są przeciążenia w osi $\pm Gz$; dodatnie powoduje przemieszczenie się większej ilości krwi do dolnych partii ciała, powodując przede wszystkim niedostateczne ukrwienie mózgu, ujemne, z kolei, przepełnienie naczyń krwionośnych głowy. Najlepiej organizm radzi sobie z przeciążeniami poprzecznymi ($\pm Gx$, $\pm Gy$), w tym wypadku organizm jest zdolny do tolerowania przez dłuższy czas wartości około 3g, bez większych dolegliwości. Organizm lepiej znosi większe przeciążenia - do 10g, trwające krótko niż mniejsze około 5g, trwające dłużej. Krótko - oznacza w tym wypadku czas poniżej 1 minuty. Przeciążenia poprzeczne, trwające bardzo krótko, mogą przyjmować wartości do 46g w czasie 0.37 sekundy i nachyleniu ciała 10-15 stopni w kierunku działania przyspieszenia, gdyż taka pozycja daje największą tolerancję.



Rys. 1. Kierunki działania przeciążeń [rysunek własny]

Kiedy działa przeciążenie dodatnie, skierowane wzdłuż ciała człowieka (+Gz), następuje „ucieczka” krwi do dolnych części ciała, co jest bardzo niekorzystne. Organizm zaczyna się bronić. Baroreceptory zlokalizowane między innymi w ścianie łuku aorty i zatoce szyjnej, czule na (rozciąganie) i zmianę ciśnienia krwi (spada ciśnienie w górnej części ciała), przesyłają impulsy (wzrost ciśnienia przyspiesza wysyłanie impulsów, spadek hamuje) do ośrodkowego układu nerwowego, do strefy depresyjnej, co z kolei stymuluje strefę presyjną, której komórki wysyłają impulsy, powodujące przyspieszenie akcji serca i wzrost napięcia obwodowych naczyń krwionośnych, jak też zwężenie naczyń krwionośnych w dolnej części ciała. Oczywiście w tym momencie zwiększa się również siła skurczów mięśnia sercowego. Zwężają się także naczynia płuc. W ten sposób udaje się układowi krążenia pokonać zaburzenia hemodynamiczne jedynie do przeciążeń o wartości do 3g. Powyżej tej wartości zaczynają narastać problemy w krwiobiegu.

Wtedy to zaczynają się kłopoty ze wzrokiem i ogólną reakcją centralnego układu nerwowego, który jest wrażliwy na niedokrwienie. Obraz widziany przez człowieka staje się zamglony, zwęża się, a kolory są mniej wyraźne, co spowodowane jest widzeniem coraz mniejszą częścią siatkówki. Jest to tzw. „widzenie lunetowe”. W tym samym czasie ciężar człowieka wzrasta odpowiednio do wartości przeciążenia. Przy 4g trudne jest utrzymanie prosto głowy, żuchwa opada, a ruchy kończyn są praktycznie niemożliwe. Utrudnione staje się oddychanie, w końcu następuje utrata pola widzenia. Przy przeciążeniu, skierowanym wzdłuż ciała człowieka, wartość przeciążenia 5g-6g stanowi granicę fizjologiczną i prowadzi do utraty przytomności [Kozłowski 1986].

Przeciążenia wzdłuż osi podłużnej człowieka, ale skierowane w odwrotnym kierunku, czyli w kierunku głowy, określane jako -Gz, organizm znosi jeszcze gorzej niż dodatnie. W tym wypadku krew z naczyń pojemnościowych nóg i z okolic jamy brzusznej przemieszcza

się w okolice serca i głowy. Dla człowieka, który w procesie ewolucji przystosował się do ciężenia dodatniego, wynoszącego $1g$, ujemna wartość tego przeciążenia jest czymś zupełnie niespotykanym. Przeciążenie $-1g$ jest odchyleniem od normy o $2g$, toteż tolerancja tego rodzaju przeciążenia jest jeszcze mniejsza. Przepiętnienie naczyń krwionośnych mózgu jest bardzo niebezpieczne, przede wszystkim, ze względu na tzw. możliwość wylewu. Reakcja obronna polega na zwężeniu naczyń i zwiększeniu ich oporu, co ma powodować zmniejszony napływ krwi. Odwrotnie niż normalnie baroreceptory w zatoce szyjnej, kiedy wzrasta ciśnienie, powodują zwolnienie akcji serca. Najwcześniej występujące skutki zaburzenia układu krążenia w rejonie głowy to przekrwienie siatkówki oka i zaburzenie widzenia, aż do całkowitego braku pola widzenia, przy zwiększającym się przeciążeniu. Przy $-1g$ odczuwalny jest ból głowy, tętnienie w głowie (wzrost ciśnienia powoduje wyczuwanie w głowie pracy serca – skurczu), uczucie przepełnionych zatok obocznych nosa (Kozłowski 1986).

Problem przeciążeń podczas lotu kosmicznego, wraz z postępowaniem możliwości technicznych, staje się coraz mniejszy. Fotele na statkach kosmicznych są tak usytuowane, aby kierunki przeciążeń były tymi, które najlepiej organizm toleruje, a specjalne kombinezony pomagają w zmaganiu się z przeciążeniami (Subotowicz 1960).

Każde dwie cząstki materialne we Wszechświecie przyciągają się z siłą proporcjonalną do iloczynu ich mas i odwrotnie proporcjonalną do kwadratu odległości między nimi. Cóż to? Oczywiście prawo powszechnego ciężenia, które sformułował Isaac Newton, żyjący na przełomie XVII i XVIII wieku. Ziemia jest taką cząstką materialną, jesteśmy nią my ludzie i Księżyc i Słońce. Z definicji wynika, że jeżeli powiększymy jedną z dwóch mas dwukrotnie, to podwoi się siła ciężenia, a jeśli zwiększymy odległość między nimi, siła ta zmniejszy się czterokrotnie. Jednak nie chodzi tu o matematyczne rozwiązanie problemu, a jedynie o zwrócenie uwagi na grawitację ziemską, gdyż jest ona ściśle związana ze stanem nieważkości.

Wspomniane prawo powszechnego ciężenia sprawia, że Księżyc, poruszający się w przestrzeni kosmicznej, nie „ucieka” gdzieś w czarną otchłań, Ziemia nie wypada ze swej orbity wokół Słońca i obserwuje się odpływy i przyływy mas oceanicznych, itd. Żyjąc na Ziemi, podlegamy przede wszystkim przyciąganiu ziemskiemu, a co za tym idzie, wspomnianemu wcześniej, przyspieszeniu ziemskiemu. Masa Ziemi wywiera na wszystko, co znajduje się na niej i w jej pobliżu siłę przyciągania, zależną od masy przyciąganego obiektu, np. człowieka. Im większa masa, tym większy ciężar, bo właśnie ciężar jest określeniem stosunku grawitacji do masy ciała. Idąc dalej można stwierdzić, iż człowiek

ważący na Ziemi 100kg będzie ważył na Księżycu 16.4kg, na Marsie 38kg, zaś na Jowiszu 264kg (Subotowicz 1960; White i wsp. 2003).

Wracając do Ziemi i prawa Newtona, siła grawitacji zależy nie tylko od masy przedmiotu, ale też od odległości pomiędzy przedmiotem a środkiem Ziemi. Jeżeli więc zbliżymy się do środka Ziemi, siła przyciągania logicznie powinna się zwiększyć i analogicznie oddalając się od Ziemi, odwrotnie - siła ta maleje. Pojazd kosmiczny, oddalając się od Ziemi, podlega coraz to mniejszej sile grawitacji, aż do momentu, gdy siła ta jest tak mała, że równoważy ją siła odśrodkowa (ruch Ziemi), wtedy to następuje stan nieważkości. Stan, który dla człowieka dorosłego w stałym działaniu siły grawitacji jest czymś zupełnie nieznanym. W procesie ewolucji organizmy ewoluowały, dostosowując się do zmiennych warunków środowiskowych, lecz warunki te nigdy nie były podobne do stanu nieważkości. W czasie lotu na orbitę ziemską organizm zostaje zaskoczony nową sytuacją. Gdy maleje grawitacja powstają takie zaburzenia, które organizm w jakimś stopniu może korygować, ale z innymi radzi sobie znacznie gorzej, a jeszcze inne nie są do końca poznane.

Z punktu widzenia człowieka żadnego przeżyć, który od wieków marzył o swobodnym lataniu, doznanie stanu nieważkości jest czymś bardzo interesującym. Z pewnością mało jest ludzi, którzy nie chcieliby poczuć się „lekkimi”. Należy jednak zauważyć, że takie bycie „lekkim” przynosi poza przyjemnym odczuciem nie tylko nieprzyjemne reakcje organizmu, ale także w konsekwencji, w zależności od długości czasu przebywania w tym stanie, może zagrażać zdrowiu (White 1998).

Kiedy na człowieka przestaje działać siła grawitacji po kilku minutach wypełniają się żyły szyjne, puchną powieki, odczuwalne jest przepełnienie głowy. Związane jest to z przemieszczeniem się płynów ustrojowych. Krew przepływa w dużej ilości w okolice głowy i klatki piersiowej. Dochodzi do przekrwienia błon śluzowych nosa i zatok. Takie rozmieszczenie płynów jest spowodowane tym, że tracą one swój ciężar. W normalnych warunkach ciśnienie w dolnych partiach ciała jest większe, a w górnych mniejsze. W przestrzeni kosmicznej ciśnienie hydrostatyczne zanika, co powoduje odwrotne przemieszczenie się płynów. Zwiększa się objętość tzw. krwi centralnej o około 0.5-0.7 l, wzrasta ciśnienie krwi w przedsionkach serca, co tym samym powoduje ich rozciąganie. Wiąże się to jeszcze z jednym mechanizmem, ponieważ w okolicach przedsionków znajdują się receptory objętościowe układu krążenia wrażliwe na rozciąganie, tym samym zwiększa się ilość impulsów docierających do ośrodka pragnienia i ośrodka antydiuretycznego w podwzgórze; w międzymózgowiu. W efekcie większa ilość krwi w tych rejonach powoduje zmniejszone pragnienie, jak też zmniejszone wydzielanie hormonu antydiuretycznego i tym

samym niską zawartość we krwi tego hormonu powoduje zmniejszone wchłanianie zwrotne wody w nerkach, tym samym wydalanie moczu jest większe. Wtedy to dochodzi do zmian w gospodarce wodnej organizmu – utraty części wody ustrojowej organizmu.

Organizm więcej traci wody niż przyjmuje. Badania pokazały, że 70% utraconej wody pochodzi z przestrzeni pozakomórkowej, a reszta z komórek. Spora część straconych płynów przypada na osocze krwi, co jest bardzo ważną sprawą. Stan nieważkości powoduje, bowiem, utratę osocza krwi, tym samym zmniejszenie jej objętości o około 15%. Zmniejszenie ilości krwi powoduje obniżenie wydolności fizycznej (mniejsze zaopatrzenie tlenowe). Trzeba jednak spojrzeć na to jako na przystosowanie się organizmu do nieważkości. Poprzez przemieszczenie się krwi do górnej części ciała organizm uruchamia mechanizmy, które zmniejszają zawartość wody w ustroju, zmniejszając tym samym ilość krwi i nie powodując zbytniego obciążenia układu krążenia (Kozłowski 1986; Leach 1991).

W stanie nieważkości kości i mięśnie nie są zaangażowane w ruch tak często, jak podczas działania siły grawitacji, stąd ich znaczenie ulega zmianie. Na Ziemi mięśnie i kości stanowią tkankę podporową. Udział procentowy kości w organizmie zależy od jego masy. Mała masa niedużych zwierząt powoduje, że nie potrzebują one masywnego szkieletu – tak np. u myszy, o masie ciała 20g, kośćciec stanowi 5% całej masy, u człowieka, o masie około 70kg, stanowi on około 15%, a u siedmiotonowego słonia już 27%. W stanie nieważkości kości i mięśnie nie są tkanką podporową, nie muszą przeciwdziałać sile ciężkości. Efektem tego jest zanik mięśni. Logiczne jest, że nieużywany mięsień traci swoją masę. Widać to np.: po zdjęciu opatrunku gipsowego z wyleczonej kończyny. Destrukcyjne zmiany metaboliczne w tkance mięśniowej spowodowane są dominacją katabolizmu nad anabolizmem, wynikającą zarówno ze zmniejszenia biosyntezy białek mięśniowych, jak i ze zwiększenia ich rozpadu. Zmienia się struktura i budowa mięśni, włókna wolnokurczliwe ustępują miejsca włóknom szybko kurczliwym. Kiedy kosmonauci powracają na Ziemię, po dłuższym pobycie w kosmosie, ich mięśnie są osłabione na tyle, że nie potrafią o własnych siłach chodzić (White 1998).

Kość zbudowana jest zarówno z substancji organicznych, czyniących ją elastyczną i mocną, jak i z substancji nieorganicznych, odpowiedzialnych za jej twardość i wytrzymałość na odkształcenia i pełniących funkcję zbiornika mineralnego. Pełni ona podstawową rolę w wyrównywaniu poziomu wapnia w płynach ustrojowych, ponieważ każdej komórce do prawidłowego funkcjonowania niezbędny jest ustabilizowany poziom wapnia. W szkielecie znajduje się 99% wapnia zawartego w organizmie. Wspólne badania rosyjsko-amerykańskie wykazały, że podczas misji kosmonauci tracą miesięcznie około 1%

masy kostnej w dolnym odcinku kręgosłupa, biodrach i górnej części kości udowych. Niektóre partie ciała takie, jak kości piętowe, tracą wapń szybciej niż inne. Badania zwierząt, które odbyły loty kosmiczne, wskazują, że zahamowany zostaje również proces budowania kośćca. Ubytek wapnia, właśnie w największym procencie z kości, jest skutkiem zmniejszonego nacisku i zmniejszonej aktywności fizycznej. Wspomaganie tego ubytku wzmożonymi ćwiczeniami fizycznymi niestety nie eliminuje utraty wapnia. Wapń w warunkach kosmicznych jest wydalany z moczem, najpierw uwolniony do krwi, a później filtrowany przez nerki. Zapobieganie utracie wapnia i demineralizacji układu kostnego jest zagadnieniem bardzo istotnym, gdy podróż kosmiczna miałaby trwać długo. Jedynie intensywny trening i środki farmakologiczne mogą, choć nie do końca powstrzymać mechanizm utraty wapnia.

Sprawne poruszanie się człowieka w różnych warunkach może być zapewnione tylko wówczas, gdy dobrze funkcjonuje jego zmysł równowagi. Jest w ustroju narząd, wchodzący w skład ucha wewnętrznego, którego receptory odbierają sygnały o położeniu ciała w trójwymiarowej przestrzeni. Te receptory są wyspecjalizowanymi komórkami zaopatrzonymi w rzęski zanurzone w gęstym płynie (endolimfie), wypełniającym trzy kanały półkoliste ucha wewnętrznego. Te trzy kanały rejestrują ruchy obrotowe w trzech osiach w przestrzeni. W czasie ruchu ciała, szczególnie zaś - obrotu głowy - endolimfa, wypełniająca kanały, wskutek własnej bezwładności, „spóźnia się” w stosunku do ścian kanałów i wytwarza "wodny" prąd, który porusza rzęski komórek receptorowych. Ruch rzęsek indukuje zmiany w komórkach receptorowych, w wyniku których powstaje potencjał elektryczny, a następnie impuls elektryczny, który jest przewodzony nerwem przedsionkowym do gałek ocznych, do mózdzku oraz do kory mózgowej. W mózdzku oraz w korze mózgowej jest dokonywana kompleksowa analiza położenia ciała w przestrzeni i generowane są dyrektywy, korygujące odchylenia. Kiedy nie działa siła grawitacji, ruch endolimfy zostaje zakłócony i tym samym zmysł równowagi nie działa do końca sprawnie.

Oczywiście do mózgu docierają informacje z układu kinestetycznego, co do orientowania się w przestrzeni (odczuwanie pozycji i ruchu członów ciała bez udziału wzroku, zależne od receptorów, mieszczących się głównie w mięśniach, ścięgnach i stawach) i informacje wzrokowe. Na te ostatnie brak grawitacji praktycznie nie ma wpływu, aczkolwiek błędnik i układ kinestetyczny są zorientowane względem przyciągania ziemskiego (szczególnie błędnik). Tak naprawdę utrzymywanie równowagi następuje poprzez proces uczenia się. Dziecko zanim zacznie sprawnie chodzić zatacza się i potyka. Również, kiedy w wieku młodzieńczym następuje szybki przyrost masy, można również zauważyć problemy

z równowagą. Wsiadając na rower nie potrafimy na nim jeździć, potrzeba czasu, by mózg mógł się nauczyć koordynacji i równowagi. Mózg analizuje informacje, które do niego docierają i na nie reaguje. Reakcja ta może być dziwna, gdy docierające informacje są sprzeczne. Logiczne jest, że kiedy człowiek przechyli głowę (przy prawie zerowej grawitacji), to endolimfa nie poruszy się, a więc ze zmysłu równowagi nie dotrze wiarygodna informacja (White 1998).

Kiedy człowiek znajdzie się w przestrzeni kosmicznej jego mózg musi nauczyć się budować model postępowania w nowej sytuacji. Nie jest to proste i wymaga czasu. Przystosowanie się mózgu do nowych warunków wiąże się z różnymi dolegliwościami, a przede wszystkim z bólem głowy. Kiedy astronauta powracają na Ziemię, mają problemy z utrzymaniem równowagi, ponieważ ich mózgi przystosowały się do braku grawitacji. Oczywiście readaptacja następuje też po jakimś czasie. Doświadczenie stanu, w którym mózg nie potrafi do końca zinterpretować stanu faktycznego położenia ciała jest bardzo stresujące dla ustroju (Baevsky i wsp. 1998; Mano 2005).

Okresowe nasilanie się i zmniejszanie natężenia procesów biologicznych i czynności fizjologicznych u wszystkich organizmów żywych zależy od czynników zewnętrznych, związanych z porami dnia, roku i zjawiskami astronomicznymi. Również czynniki wewnętrzne (endogenne), związane z tzw. zegarem biologicznym mają wpływ na te procesy. Najlepiej zbadane są rytmy okołodobowe, które u wyższych ssaków i człowieka dotyczą między innymi przemiany materii, podziałów komórkowych, temperatury ciała, wydzielania niektórych hormonów (np. kortykosterydów, prolaktyny, hormonu wzrostu), ciśnienia tętniczego krwi, sprawności umysłowej. Rytmika tych zjawisk jest tylko częściowo zsynchronizowana z rytmiką snu i czuwania, ponieważ odwrócenie dobowego rytmu dopiero po dłuższym czasie, różnym u różnych ludzi, powoduje zmianę cyklu wahań innych funkcji fizjologicznych. Jest to między innymi przyczyną uciążliwości pracy zmianowej, trudności przystosowania się ludzi do różnych aktywności w różnych strefach czasowych i przy szybkich ich zmianach oraz także w warunkach lotu kosmicznego.

Badania przeprowadzane u ludzi izolowanych od otoczenia wykazały, że wahania wielu funkcji fizjologicznych (np. snu i czuwania, temperatury ciała) zachodzą w tych warunkach w rytmie nieco dłuższym od dobowego, do precyzyjnego zsynchronizowania rytmiki tych funkcji z dobą astronomiczną konieczne jest działanie bodźców zewnętrznych. Na rytm okołodobowy wpływa przede wszystkim światło, które pełni rolę synchronizatora. Ono ma, bowiem, wpływ na prawidłowość snu u człowieka. W czasie snu następuje regeneracja sił ustroju, zmniejszenie napięcia centralnego układu nerwowego, synteza

kwasów nukleinowych. Potrzeba snu u dorosłego człowieka jest mniej więcej taka sama w różnych sferach geograficznych i klimatycznych. Na ogół śpimy około ośmiu godzin w ciągu doby. Sen jednak ma również swoją rytmikę. Wyróżniamy fazy snu głębokiego przeplatane fazami snu płytkiego, charakteryzujące się marzeniem sennym, szybkimi ruchami gałek ocznych, większą aktywnością bioelektryczną mózgu. Faza czuwania ma rytm fizjologiczny, który charakteryzuje się okresami zwiększonej i zmniejszonej aktywności. Są to 2-3 godzinne okresy wysokiej i obniżonej aktywności. Wykryto, że spadek aktywności następuje w godzinach 8.00–10.00 i 14.00, wyraźny wzrost między 10.00 i 12.00 i 16.00–18.00.

Stałościę człowieka także podlega okołodobowym zmianom. Temperatura ciała jest podwyższona około godz. 15.00 potem około godz. 21.00–23.00, najniższa jest między 5.00–6.00 rano, wzrost temperatury następuje na 3 godziny przed obudzeniem (Dzierżykray-Rogalski 1976; Drozdowski 2002). Rytm okołodobowy wynosi tyle, ile potrzeba Ziemi na wykonanie obrotu wokół własnej osi, a więc około 24 godzin – to jest tzw. doba słoneczna. Jego generalnym synchronizatorem, a zarazem bodźcem jest cykl dzień–noc (jasność–ciemność) oraz wynikająca z tego faza aktywności i spoczynku (czuwanie–sen). W fazie czuwania przeważają czynności układu nerwowego sympatycznego (współczulnego), a w fazie snu układu parasympatycznego (przywspółczulnego). Działanie tych dwóch układów, w obrębie układu wegetatywnego, ma podstawowy wpływ na wiele czynności i funkcji organizmu, niezależnie od naszej woli (Baevsky i wsp. 1998; Larina 2003).

Dla astronautów, którzy krążą na orbicie i wykonują skomplikowane czynności, problem ze snem wydaje się dość uciążliwy. To właśnie podczas snu organizm regeneruje się, aby w czasie czuwania mógł sprawnie funkcjonować. Dla powodzenia misji niezwykle jest ważne, by jej uczestnicy byli w doskonałej formie, czyli przede wszystkim wyspani. Zmęczenie upośledza koncentrację, opóźnia czas reakcji, powoduje, że wszelkie zadania wykonuje się dużo gorzej niż normalnie. W takich warunkach łatwo o przeoczenie, którego skutki mogą być katastrofalne. Oczywiście kwestia adaptacji, a przede wszystkim negatywnych skutków zaburzenia rytmu okołodobowego, zależy od predyspozycji osobniczych. Niemniej dotyczy jednak wszystkich. Po części problemy ze snem spowodowane są niezwykłością stanu nieważkości. Zaburzeniom ulega regularność wydzielania hormonu snu – melatoniny. Jest ona wydzielany w ciemności przez małe gruczoły – szyszynkę. Rozkłada się pod wpływem światła. Pozostawanie przez określoną część doby w świetle słonecznym lub w silnie oświetlonych pomieszczeniach sprawia, że organizm rozkłada melatoninę i tym samym znajduje w pożądanym cyklu (Baumann, Draeger 1993;

Wright 2003). Problem w tym, że szybkie zmiany okresów światła i ciemności, jakich doświadcza astronauta krążący po orbicie, całkowicie rozregulowują jego zegar biologiczny. Naukowcy próbują poznać zmiany, zachodzące w takich warunkach, w ludzkim ciele. Pomagają im w tym specjalne urządzenia podobne do zegarków, noszone przez astronautów na przegubie ręki (ang. actiwatch). Urządzenia te rejestrują okresy snu oraz reakcję na światło podczas całej wyprawy. Z pewnością ludzie, odbywający podróż kosmiczną, muszą przyjmować środki farmakologiczne, aby unormować swój sen. Melatonina jest dostępna w aptekach jako środek wspomagający leczenie zaburzeń snu, związanych ze zmianą stref czasowych, zaburzeń u pacjentów niewidomych, zaburzeń rytmu snu i czuwania w pracy zmianowej. Ciekawe czy dane jest nam doczekać sytuacji związanej z taką powszechnością turystyki kosmicznej, kiedy we wskazaniach do stosowania melatoniny, a może i innych leków, pojawi się zalecenie: w zaburzeniach związanych z lotem kosmicznym.

Czy społeczeństwo XXI wieku jest gotowe do zaakceptowania lotów w kosmos? Czy turystyka kosmiczna nie jest zbyt abstrakcyjnym wyzwaniem dla człowieka?

W dniu 15 sierpnia 2006 roku przeprowadzono w Poznaniu, na ul. Półwiejskiej, sondę na ten temat. Pytający nie udzielał żadnych informacji, mogących wpływać na odpowiedzi respondentów, ani nie przedstawiał żadnych faktów związanych z lotem w kosmos. Zapytano 99 osób, z których losowo wybrano po około 25, w każdej grupie wiekowej, bez podziału na płeć. Przedziały pod względem wieku chronologicznego ustalono na: 16–25 lat, 26–40 lat, 41–55 lat i powyżej 55 lat.

Każdemu badanemu zadano trzy pytania.

Pytanie 1. Czy, jeśli by nie zależało to od możliwości finansowych, poleciałabyś/poleciałbyś w kosmos?

Możliwe odpowiedzi to: TAK, NIE, NIE WIEM

Pytanie 2. Jeśli poleciałabyś/poleciałbyś w kosmos to głównie ze względu (do wyboru jedna najbardziej motywująca możliwość) na:

- a. widok Ziemi z kosmosu
- b. doznania stanu nieważkości
- c. widok głębi kosmosu

Pytanie 3. Jeśli poleciałabyś/poleciałbyś w kosmos to na czas:

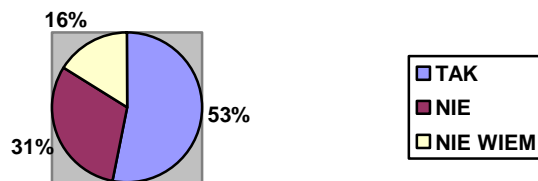
- a. kilku godzin
- b. doby
- c. kilku dni

d. dłuższy niż kilka dni.

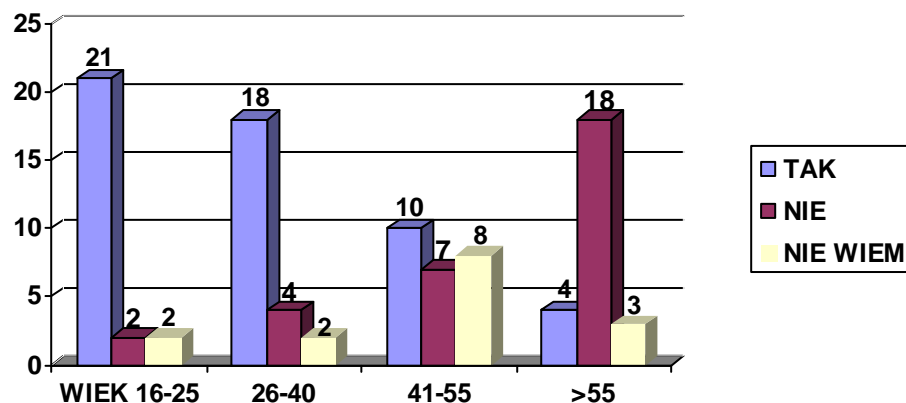
W wyniku przeprowadzonej sondy uzyskano podane niżej wyniki.

Dla pytania 1.

Około połowa zapytanych deklaruje możliwość lotu w kosmos. Wynik taki można uznać za znaczący. Z drugiej jednak strony ci, którzy odpowiadali w ten sposób nie do końca chyba zdawali sobie sprawę z niebezpieczeństwa, jakie to ze sobą niesie albo w ogóle nie brali go pod uwagę. Można przepuszczać, że gdyby poznali fakty dotyczące wpływu takiego lotu na organizm człowieka z pewnością zastanowiliby się dłużej nad swoją odpowiedzią. Prawdopodobnie chęć doznania czegoś niezwykłego, zarezerwowanego dla nielicznej grupy osób, determinowało taką właśnie odpowiedź (Rys. 1.). Na Rys. 2. zobrazowano odpowiedzi respondentów z podziałem na wiek chronologiczny. Widać tu wpływ wieku na podejmowane decyzje. Młodość zwykle charakteryzuje się energią, przebojowością, ciekawością, chęcią poznawania świata. I jest to widoczne właśnie w odpowiedziach ludzi młodych, u których największa część deklaruje chęć podróży w nieznane.



Rys. 1. Udział procentowy odpowiedzi respondentów na pytanie: Czy, jeśli by nie zależało to od możliwości finansowych poleciałabyś/poleciałbyś w kosmos?

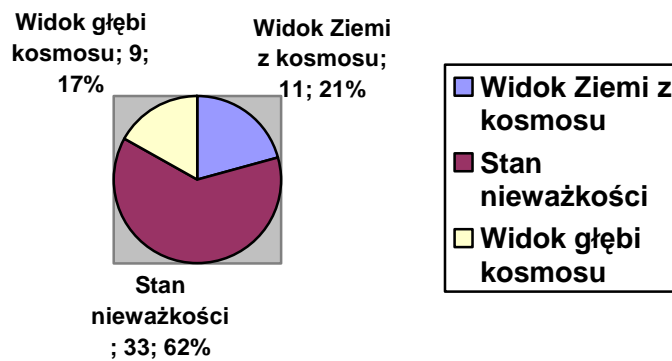


Rys. 2. Udział procentowy respondentów w poszczególnych przedziałach wieku chronologicznego, dla pytania 1.

Dla pytania 2.

Pytanie to ma charakter kafeterii zamkniętej dysjunktywnej, czyli należało wybrać tylko jedną z możliwych odpowiedzi. Podano trzy możliwości odpowiedzi.

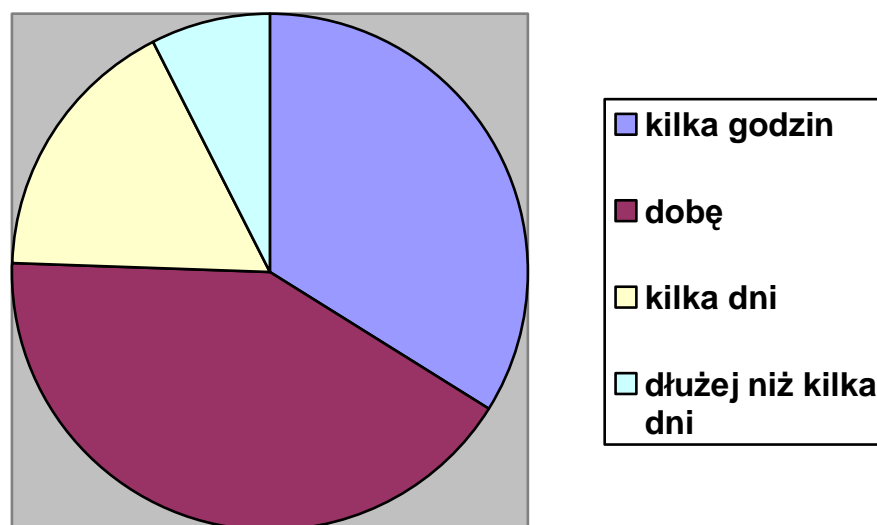
Spośród osób, które poleciałyby w kosmos (53 osoby), odpowiedzi na pytanie o motywację wyglądały następująco:



Rys. 3. Udział procentowy odpowiedzi na warianty pytania 2.

Spośród podanych możliwości, stan nieważkości okazał się najbardziej interesujący. Spowodowane jest to chyba tym, że w jakimś stopniu potrafimy wyobrazić sobie widok Ziemi z kosmosu czy nawet samego kosmosu, dzięki filmom, fotografiom, itp. Stanu nieważkości nie da się jednak odczuć, patrząc jedynie na osoby, które się w nim znajdują.

Dla pytania 3.



Rys. 4. Udział procentowy odpowiedzi na warianty pytania 3.

W ramach tego pytania też należało wybrać tylko jedną odpowiedź. Spośród czterech możliwości o czasie przebywania w kosmosie, odpowiedzi 53 respondentów są przedstawione na Rys. 4. O czym może świadczyć fakt, że większość osób chciałaby, aby ich podróż trwała nie dłużej niż jeden dzień? Czas jednego dnia jest chyba z jednej strony wystarczający dla zaspokojenia ciekawości, a jednocześnie świadomość szybkiego powrotu daje większe poczucie bezpieczeństwa.

Wyniki sondy układają się logicznie w jedną całość, w dodatku są umotywowane sposobem myślenia, wynikającym z określonego wieku respondentów. Czy warto narażać życie, lecąc w kosmos?

Z lotami kosmicznymi wiąże się duże niebezpieczeństwo. W przeszłości dochodziło do wielu wypadków, szczególnie amerykańskich wahadłowców. Kiedy człowiek decyduje się na odbycie takiej podróży z pewnością zdaje sobie sprawę z zagrożenia. Człowiek, odrywając się od Ziemi i wznosząc się poza atmosferę, opuszcza swoje środowisko naturalne. Czynniki związane z brakiem wpływu siły grawitacji, działają na jego organizm negatywnie i tym samym jego zdrowie i życie zostaje narażone. Przecież najwyższą wartością dla człowieka powinno być zdrowie i życie. Czy warto, więc, podejmować ryzyko? Oczywiście odrębną sprawą jest prowadzenie badań naukowych, które np. miałyby przyczynić się do opracowania nowych leków, związanych z coraz bardziej powszechną bezczynnością ruchową, leżącą u podstaw chorób cywilizacyjnych, a bardzo podobną fizjologicznie do stanu nieważkości (Grigoriev, Fedorov 1996). Trzeba jednak odróżnić lot w kosmos w celach naukowych od lotu turystycznego. Trudno jest, bowiem, porównywać ryzyko utraty życia przez astronautów z osiągnięciami, do jakich możemy dojść dzięki ich pracy i badaniom.

Wraz z rozwojem turystyki kosmicznej, jaki następuje w dzisiejszych czasach, należałoby postawić pytania najbardziej fundamentalne dla bytu człowieka – o sens jego życia, cele i dążenia, pragnienia i możliwości. Wyprawy kosmiczne można porównać do popularnych w dzisiejszych czasach sportów ekstremalnych. Są to dyscypliny, w których ludzie narażeni są na podwyższone, bardziej niż w sportach typowych, ryzyko urazu lub utratę zdrowia, a nawet życia. Wydawałoby się, że dewiza ruchu olimpijskiego: szybciej, wyżej, mocniej (łac. citius, altius, fortius) została dobitnie wdrożona przez uprawiających sporty ekstremalne. Jednym z najbardziej charakterystycznych dla człowieka dążeń jest dążenie do przekraczania granic możliwości i ograniczeń, zarówno fizycznych, jak i umysłowych. Człowiek permanentnie przekracza nałożone na niego ograniczenia, w szczególności wyznaczone przez naturalne prawa przyrody.

„Sporty ekstremalne to dyscypliny sportowe, których uprawianie wymaga ponadprzeciętnych umiejętności, odwagi i działania w warunkach dużego ryzyka, często zagrożenia życia. Uczestnictwo w nich wiąże się z pokonywaniem skrajnych trudności zewnętrznych, ograniczeń psychicznych i związanych z tym emocji. Uprawianie dyscyplin ekstremalnych zasadza się na chęci pokonywania trudności, doznawania nowych, mocnych wrażeń, dawania z siebie wszystkiego i przeżycia czegoś niezwykłego” (Muszkieta, Gembiak 2004).

Gdzie należy szukać motywu do uprawiania sportów ekstremalnych? Czy racją będzie po prostu stwierdzenie, że taka jest nasza natura? Czy narażanie życia także podczas lotów kosmicznych jest elementem naszej natury? Stawiając po jednej stronie wagi siłę wartości jakiegokolwiek rodzaju, nie może ona przeważać wartości, jaką jest życie ludzkie. Z drugiej strony, jak wyglądałoby nasze życie gdybyśmy nie podejmowali wyzwań.

Pawłucki (2005), który jest przeciwnikiem sportów ekstremalnych twierdzi, iż ten rodzaj aktywności jest wzbudzany przez chęć osiągnięcia zysków: „Niby jak można pojąć obecne pokolenie ‘adrenalinowców’, które głośno krzyczy, że właśnie adrenaliny mu potrzeba. Tak chyba jedynie, że ktoś musiał mu wmówić, że tego mu potrzeba, a następnie wytworzyć głód owej potrzeby, aby głodny już sam zaczął upominać się o to, czego chceć musi; głodny adrenaliny będzie sam siebie karmił, a w spełnieniu tej potrzeby pomoże mu ten, który za produkcję i konsumpcję każe sobie zapłacić” (Pawłucki 2005).

Oczywiście nie można wykluczyć tego zjawiska w sportach ekstremalnych, jak i w turystyce kosmicznej. Przecież firmy, które „wysyłają” ludzi w kosmos lub będą to robić w przyszłości są zorientowane na zysk. Pobudzanie tej potrzeby wśród potencjalnych klientów jest, więc, rzeczą zrozumiałą. Prawdopodobnie już za kilkanaście lat nie będzie dziwić nas reklama lotu kosmicznego jako bardzo ciekawa alternatywa dla wycieczek turystycznych.

Człowiek lecąc w kosmos, pragnie doświadczyć czegoś niezwykłego, właśnie tego, czego nie może doświadczyć Ziemi. Jednak nie dla wszystkich będzie to takie interesujące. Różnimy się od siebie, szczególnie pod względem psychicznym. Gdyby dać możliwość przeciętnemu człowiekowi lotu w kosmos, jednocześnie uświadamiając mu pełnię zagrożeń dla jego zdrowia i życia, nie skorzystałby z danej możliwości. Jednakże, co oznacza być przeciętnym? Przecież sto lat temu przeciętny człowiek nie latał samolotami, nie posiadał własnego samochodu, nie znał pojęcia choroba cywilizacyjna itd. Owszem jesteśmy twórcami cywilizacji, ale z drugiej strony to właśnie poziom rozwoju wpływa na człowieka. Daje to nam bardzo dużo różnych możliwości, ale czy wykorzystamy je odpowiednio, zależy przede wszystkim od nas samych

Refleksja nad współczesnością skłania do przekonania, że człowiek chyba nie w pełni panuje nad wytworami cywilizacji, którą tak mozolnie tworzył.

Nie można stworzyć uniwersalnego schematu psychiki człowieka, który w sposób jednoznaczny potrafiłby opisać sposób zachowania się i swoją postawę w dowolnej sytuacji. Dzieje się tak dlatego, że człowiek nie jest maszyną, w przypadku której można dokładnie przewidzieć lub zaplanować proces działania, lecz istotą myślącą, która w sposób niedefiniowalny, a niejednokrotnie oryginalny, kieruje swoim życiem i postępowaniem. Próba interpretacji człowieczeństwa jako pojęcia uniwersalnego, odnoszącego się do dowolnej osoby, jest ostatecznie skazana na porażkę.

Idea podróży kosmicznych fascynowała ludzkie umysły od stuleci, ale pozostała marzeniem aż do czasu zbudowania potężnych raket zdolnych unieść ładunek użyteczny daleko w przestrzeń. Rynek turystyki kosmicznej powoli zaczyna rozwijać skrzydła. Ekspertów szacują, że za kilkanaście lat będzie przynosił miliardy dolarów rocznie. Bardzo poważnie do jego rozwoju podchodzą amerykańskie władze, które na początku tego roku opublikowały projekt ustawy regulującej „cywilne” loty na orbitę. Na 123 stronach określono między innymi kwalifikacje pilotów i opisano szkolenie przygotowujące pasażerów do sytuacji awaryjnych, jakie mogą przytrafić się podczas lotu (Stanisławski 2005).

Kraje na całym świecie zdają sobie sprawę z olbrzymiego potencjału korzyści, jaki kryje się w realizacji turystyki kosmicznej.

Na zakończenie wypowiedź jedyne, jak dotąd, Polaka, który był w kosmosie. Mirosław Hermaszewski, w wywiadzie przeprowadzonym przez Łukasza Wilczura, na pytanie, jak zostać kosmicznym turystą, odpowiedział:

„Przede wszystkim niech pan zacznie odkładać pieniądze, i to najlepiej od wczoraj. Ale dla pocieszenia powiem, że nie zawsze te loty będą kosztowały miliony dolarów. Bo proszę zobaczyć, nie tak dawno, gdzieś około stu lat temu, rozpoczęła się era lotnictwa. I na tych, którzy unosili się w powietrze, patrzono jak na ekscentryków i dziwaków. A teraz nie wyobrażamy sobie życia bez lotnictwa. Przeciętny człowiek może kupić sobie bilet na samolot i taki wydatek go nie zrujnuje. I myślę, że za wiele lat loty kosmiczne nie chcę powiedzieć, że spowszednieją, ale staną się popularne, ponieważ w tej chwili budowane są już nowe pojazdy kosmiczne, które pozwolą na krótki pobyt w kosmosie w celach turystycznych. To musi być tanie, bo taki statek nie będzie zabierał jakiejś specjalistycznej aparatury, lot będzie trwał krótko, czyli w jakimś zakresie odpada sprawa higieny i wyżywienia, nie będą potrzebne skafandra, bo to bardzo podraża. Zatem wszystko idzie w tym kierunku, aby pozwolić ludziom spojrzeć na nasz glob z dystansu. Wiadomo, że te badania nie są prowadzone z filantropii, ale

to czysty biznes. I takie pierwsze próby turystyki kosmicznej, o których słyszymy nie są jeszcze dotknięciem kosmosu, nie są byciem w kosmosie, ale tylko zajrzeniem tam na chwilę (Stanisławski 2005).

Prywatne podróże kosmiczne i turystyka kosmiczna to już nie fantastyka, lecz rzeczywistość. Turyści kosmiczni przechodzą serie badań i testów medycznych, aby podczas takiego lotu zminimalizować niebezpieczeństwo utraty zdrowia czy życia. Sprawny organizm człowieka potrafi w jakimś stopniu przystosować się do zmienionych warunków. Jednakże trzeba podkreślić po raz kolejny, iż organizm człowieka ewoluował w warunkach ziemskich i do takich jest przystosowany. Oczywiście turystyczny lot w kosmos nie wymaga idealnego stanu zdrowia, jak to jest w przypadku profesjonalnych kosmonautów i wynika z zadań, jakie każdy z nich wykonuje podczas takiego lotu. U turysty kosmicznego wada wzroku, czy lekkie skrzywienie kręgosłupa nie spowoduje skutków negatywnych dla zdrowia. Natomiast trzeba zwrócić uwagę na zaburzenia układu krążenia czy rytmu serca. Astma, cukrzyca, czy klaustrofobia, a także dysfunkcje nerwicowe oraz wiele innych schorzeń mogą oczywiście eliminować potencjalnego kandydata (Aubert i wsp. 2005). Nadzieja jednakże pojawia się w tym, że organizm człowieka dzięki postępowi technicznemu i medycznemu jest coraz bardziej wspomagany w walce z przeciwnościami, jakie towarzyszą lotom kosmicznym.

Summary

Cosmic tourism and human's body

In this study the topic of pioneering form of the cosmic tourism is described. The effect of this kind of travel on human being is discussed. The attention is also paid to the complexity of the man's body structure. The main directions of the development of the cosmic tourism are introduced and a few facts from the history of the conquest of space are reminded, and also there are considerations to this topic. The study consists of four chapters. In the first part the cosmic tourism is described. In the second selected elements of body structure and human body function are introduced, also its complex character and basic regulating mechanisms. A confrontation of human body possibilities with factors present during the flight to space is touched up, e.g. on G-force and weightlessness. A problem of the astronaut's sleep is described, as well. Then, the results of the poll carried out in the topic of an interest of flight in space are introduced. Furthermore, the problem of life's risk during flight in space is touched up as compared to extreme sports. At the end, words of the only Pole, so far, in the outer space about the cosmic tourism are quoted.

Bibliografia:

Aubert A.E., Beckers F., Verheyden B. (2005): Cardiovascular function and basics of physiology in microgravity. *Acta Cardiologica*, 60(2), 129-151.

Baevsky R.M., Petrov V.M., Chernikova A.G. (1998): Regulation of autonomic nervous system in space and magnetic storms. *Advances in Space Research*, 22(2), 227-234.

Bonde-Petersen F. (1994): Health care during prolonged weightlessness in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, Suppl. 616, 99-102.

Daumann F.J., Draeger J. (1993): Luft- und Raumfahrtophthalmologie. *Ophthalmologie*, 90(4), 380-386.

Droba M. (2004): Richard Branson wybiera się w kosmos. *Gazeta Prawna*, art. z 29 września.

Drozdowski Z. (2002): *Antropologia dla nauczycieli wychowania fizycznego*. Wyd. II, Wydawnictwo AWF w Poznaniu.

Dzierżykraj-Rogalski T. (1976): *Rytm i antyrytm biologiczne w życiu człowieka*. Wiedza Powszechna, Warszawa.

Egorov A.D. (2001): Mechanizmy snizheniia ortostatichekoi ustoichivosti v usloviakh dlitelnykh kosmicheskikh poletov. *Aviakosmichaskaia i Ekologicheskaja Meditsina*, 35(6), 3-12.

Frazer L. (1991): Can people survive in space? *Ad Astra*, 3(8), 14-18.

Gerzer R., Heer M. (2005): Regulation of Body Fluid and Salt Homeostasis – from Observations in Space to New Concepts on Earth. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 6(4), 299-304.

Graebe A., Schuck E.L., Lensing P., Putcha L., Derendorf H. (2004): Physiological, pharmacokinetic, and pharmacodynamic changes in space. *Journal of Clinical Pharmacology*, 44(8), 837-853.

Grigorev A.I., Fedorov B.M. (1996): Stress under normal conditions, hypokinesia simulating weightlessness, and during flights in space. *Human Physiology*, 22(2), 139-147.

Kondakova Y., Polyakov V. (1995): Cosmogerontology. *Economist*, 334(7897), 71-71.

Kozłowski S. (1986): *Granice przystosowania*” Wiedza Powszechna, Warszawa.

Kruk J. (2001): *Życie na orbicie*. Wiedza i Życie, 7.

Larina I.M. (2003): Gormonalnaia reguliatsiia obmena veshchestv irganizma celoveka u usloviakh mikrogravitatsii i pri modelirovanii ee fiziologicheskikh effektov. *Aviakosmicheskaja i Ekologicheskaja Meditdina*, 37(2), 32-41.

Leach C.S. (1991): Metabolism and biochemistry in hypogravity. *Acta Astronautica*, 23, 105-108.

Long M.E. (1999): Surviving in space. *National Geographic*, 199(1), 6-29.

Mano T. (2005): Autonomic neural functions in space. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 6(4), 319-324.

Muszkietka R., Gembiał M. (2004): Uwarunkowania i motywy uprawiania sportów ekstremalnych [w:] *Edukacja poprzez sport*, Z. Dziubiński (red.), Warszawa.

Nicogossian A., Pober D. (2001): The future of space medicine. *Acta Astronautica*, 49(3-10), 529-535.

Pawłucki A. (2005): *Osoba w pedagogice ciała*, Wydawnictwo Olsztyńskiej Szkoły Wyższej im. Józefa Rusickiego, Olsztyn.

Pistecky P.V., van Beek H.F., Klinkhamer J.F., Brechignac F. (1992): A compact body mass measuring device for space flight applications. *Advances in Space Research*, 12(1), 259-262.

Polyakov V.V. (1992): Long-term space flights – personal impressions. *Advances in Space Research*, 12(1), 339-341.

Stanisławski P. (2005): Po chorobę tam lecieć? *Przekrój* 31.

Subotowicz W. (1960): *Astronautyka*. PWN, Warszawa.

Voronkov Y.I., Tizul A. Y., Kuźmin M.P., Degterenkova N.V., Dobrokvashina E.I. (2003): Adaptation to The Human Body Simulated Weightlessness: Clinical Studies. *Human Physiology*, 29(5), 606-610.

White R.J. (1998): Weightlessness and the human body. *Scientific American*, 279(3), 58-63.

White R.J., Bassingthwaite J.B., Charles J.B., Kushmerick M.J., Newman D.J. (2003): Issues of exploration: human health and wellbeing during a mission to Mars. *Advances in Space Research*, 31(1), 7-16.

Wojtkowiak M. (2004): Skojarzone działanie na pilota przyspieszeń o zmiennych kierunkach. *Przegląd Sił Powietrznych*, art. z grudnia.

Wright K. (2003): An Unbearable Lightness. *Discovery*, 24(5), 26-27.