# Космічна медицина та її завдання

**М. М. Сиротинін**

Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця Академії наук УРСР, Київ

Космічна медицина виникла 11 років тому, коли в нашій країні, а згодом і в Сполучених Штатах Америки почали запускати в космічних ракетах різних тварин і були утворені відповідні наукові організації. Іноді, як синонім космічної медицини, фігурує назва — медицина міжпланетних польотів.

Незважаючи на те, що космічна медицина є дуже молодою наукою, її першоджерела були закладені понад півстоліття тому К. Е. Ціолковським. Він передбачав основні труднощі фізіологічного характеру, які доведеться усунути, щоб зробити можливими космічні польоти.

Головні з них — вплив великих прискорень (перевантажень) під час зльоту космічного корабля, стан невагомості, забезпечення космонавтів киснем і харчуванням при тривалих польотах. Ще в 1895 р. у своєму творі «Мрії про землю і небо» К. Е. Ціолковський приділив багато уваги впливу на організм зміни сили ваги. Він писав, що провів деякі досліди для з'ясування впливу на організм радіального прискорення, обертаючи в центрифузі комах і курчат. Ціолковський давно прийшов до думки, що занурення тіла в рідину має сприяти кращому перенесенню збільшення сили ваги. Ще в 1891 р. К. Е. Ціолковський опублікував у Трудах Московського товариства аматорів природознавства опис свого експерименту з яйцем, зануреним в стакан з розчином солі, де воно знаходилось у рівновазі; при цьому сильний удар по стакану залишав яйце неушкодженим.

В праці «Дослідження світових просторів ракетними приладами» (1903, 1911) Ціолковський писав про можливість використання занурення космонавтів у рідину з метою кращого перенесення ними прискорення при піднятті космічного корабля. Для пом'якшення дії перевантажень він радив космонавтам перебувати в лежачому положенні у футлярі, тобто в скафандрі з водою, що тепер є загальноприйнятим.

На XXI Міжнародному конгресі фізіологів на симпозіумі з питання «Організм у космічному просторі», на якому мені довелося бути, Харді повідомив, що використання води для ослаблення дії різкого прискорення було вперше запропоновано в Америці Френком (Канада) в 1946 р. Він зазначив, що Грей, перебуваючи в воді, витримав на центрифузі прискорення в 31 *g* протягом п'яти секунд. Занурення у воду вдвоє перевищує переносність прискорення від 3 до 20 *g* (Стругхолд, Бенсон, 1959).

К. Е. Ціолковський багато роздумував над станом організму в умовах невагомості. В книзі «Мрії про землю і небо» він викладає свої міркування про стан людини при зануренні у воду, коли її вага зменшується. «Оскільки таке положення у воді цілком нешкідливе,— писав

він,— то слід гадати, що відсутність ваги протягом тривалого часу переноситиметься людиною без поганих наслідків».

Тимчасом деякі міркування фізіологічного характеру могли привести до протилежного висновку. О. О. Богомолець надавав великого значення в гемодинаміці атмосферному тиску, а тим самим і земному тяжінню. Лангер вважав, що артеріальний тиск являє собою суму гідродинамічного і гідростатичного тиску; останній має зникати в умовах невагомості і тим самим викликати сильні порушення кровообігу. Але запуск тварин у космос в ракетах, особливо польоти Лайки, Білки і Стрілки в кораблях-супутниках, переконливо показав, що Ціолковський мав цілковиту рацію.

К. Е. Ціолковський писав про можливість відтворити ослаблення дії земного тяжіння при зануренні тіла у воду, що тепер застосовується при вивченні невагомості в лабораторних умовах. Він також писав про втрату ваги при падінні з Ейфельової башти. Тепер для вивчення цього питання за таким методом сконструйована Римська башта. Для вивчення невагомості він пропонував рейки, які мають вигляд магніту, поставленого догори ніжками, по яких рухається візок. Падаючи з однієї ніжки вниз, він разом з пасажиром втрачає силу ваги; внизу на кривій остання наближається до звичайної.

Через 62 роки Уолтон запропонував використати для досягнення невагомості гравітрон, оснований на такому самому принципі.

К. Е. Ціолковський багато думав про забезпечення космонавтів киснем і харчуванням. В «Мріях про землю і небо», а потім в «Дослідженні світових просторів реактивними приладами» він писав про замкнутий простір, в якому всі виділення за участю сонячного світла повністю переробляються рослинами в їжу і кисень.

Тепер питання про забезпечення космонавтів киснем і харчуванням розв'язується саме так, як вважав Ціолковський. Для цієї мети пропонується культивування водоростей, що швидко розмножуються, а саме: хлорелли (Chlorella vulgaris), морської капусти (Laminaria) та ін. Більш інтенсивно утворює кисень Chlorella pyrenoidosa. За даними Майєрса, 2,5 *кг* сирої маси цієї водорості досить для забезпечення киснем однієї людини.

У відділі космічної медицини бази військово-повітряних сил США Рандольф (Техас) було виявлено, що водорость Anacystis nidulans в умовах освітлення утворює втроє більше кисню. Пропонується також Alga synechocystis, яка легко засвоює сечовину (Стругхолд і Бенсон, 1959). Позитивною якістю цих водоростей, особливо хлорелли, є їх здатність утилізувати людські виділення, які вони можуть переробити за 24 год. (Боумен, 1954).

Деякі з цих водоростей, як хлорелла і морська капуста, споживаються в їжу. З хлорелли готуються харчові продукти в Японії та Китаї, а морська капуста споживається у нас з лікувальною метою. Ті, хто пробував їсти ці водорості, знають, що вони дуже швидко набридають. В харчовому раціоні потрібна певна різноманітність. Раціонально культивувати в космічних кораблях і супутниках гриби, які також використовують органічні речовини. Але цього недосить для різноманітного харчування. Виникає питання про створення оранжерей, про які писав ще Ціолковський, де можна культивувати різні наземні рослини в рідкому поживному середовищі. Це рекомендують і американські автори (Кілер, 1958; Адамс, 1958). За даними Адамса, 11 кв. футів поверхні гарбузового листя за одну годину виділяють таку кількість кисню, яка цілком достатня для однієї людини. Можна рекомендувати й інші рослини, які також є джерелами харчування, звичного для людини.

Людині потрібний також і тваринний білок. З цією метою Брокмен, Хенік, Курц, Фішер (1958) пропонують одночасно з водоростями культивувати риб, дафній та слимаків. Однак риби споживають значну кількість кисню, стаючи в цьому відношенні конкурентами космонавтів. Крім того, вони повільно набувають ваги і потребують великої кількості води, що дуже обтяжує космічний корабель. Раціональніше використовувати безхребетних тварин, які в значній мірі живуть за рахунок аноксибіотичних процесів. Дафнії характеризуються великою рухомістю, що пов'язане з неекономним витрачанням енергетичних ресурсів замкнутого простору; крім того, вони містять велику кількість хітину, не засвоюваного людиною. В цьому відношенні перевагу слід надати малорухомим слимакам; виноградні слимаки давно споживаються в їжу людиною, а устриці вважаються делікатесом. На жаль, велика вага черепашки не дозволяє культивувати їх у космічному кораблі. Слизняки (Limax maximus) більш придатні для цього; є вказівки, що індійці споживають їх в їжу. В усякому разі вони придатні для цієї мети. Дарвін писав, що жителі Вогняної Землі їдять слимаків, гриби і морські водорості з ламінарій (Macrocystis pyrifera).

Для поповнення запасів питва пропонується конденсація водяної пари атмосфери кабіни (М. П. Бресткін і Ю. К. Юревич, 1934), а також використання сечі після перегонки її з наступною очисткою. Незважаючи на те, що цей метод весь час удосконалюється, він ще не досяг необхідної чіткості. Загальна кількість води в замкнутому просторі космічного корабля весь час поповнюватиметься водою, що утворюється в людському організмі. За даними Клемана, наш організм виділяє на 10% більше води в порівнянні з тим, скільки він її одержує.

До завдань космічної медицини входить також медико-біологічне забезпечення прийнятних умов перебування всередині космічного корабля, встановлення санітарно-гігієнічного режиму, зокрема, відповідного мікроклімату. Здавалося б, що було б краще, якби атмосферний тиск в кабіні наближався до нормального. Проте необхідно враховувати можливість виникнення пробоїни в результаті зіткнення з метеоритом; тоді атмосферний тиск всередині корабля швидко зрівняється з тиском у зовнішньому середовищі, тобто практично прийде до нуля. Це має призвести до утворення в крові пузирків газу з наступною емболією і смертю. Велика різниця між тиском всередині корабля і поза ним збільшує можливість виникнення баротравм; тому рекомендується знижувати атмосферний тиск всередині корабля, залишаючи нормальним парціальний тиск кисню. Щоб уникнути нещасних випадків при пробоїні кабіни космічного корабля, космонавтам рекомендується знаходитись у скафандрах або в спеціальних вентильованих костюмах, спроможних протистояти змінам тиску.

Велике значення має встановлення теплового режиму, який в умовах космічного польоту може зазнавати сильного коливання. Неабияке значення має також вплив космічної радіації, розробка методів профілактики від такого роду впливів.

Космонавтам доведеться протягом тривалого часу знаходитись у дуже обмеженому просторі, що може відбитись на стані їх вищої нервової діяльності. Цьому фактору надають особливого значення в США. Гебб і співробітники поміщали молодих людей — добровольців у замкнутий простір, майже повністю виключали у них почуття дотику, зір, слух, нюх. При такій ізоляції від півтора до десяти днів, за даними Массермана, у досліджуваних виникали явища, подібні до психозу, навіть з галюцинаціями.

Єврар, Анротт і Уонкеере (1959) описують дослід перебування досліджуваного в замкнутому просторі, коли була можливість користуватись радіоприймачем, телефоном, книжками і письмовим приладдям. Уже через 12 год. після початку досліду у досліджуваного з'явилась брадикардія і зменшилась частота дихання. Потім ці зміни поступово зникли, пульс і дихання повернулись до норми. Брадикардія знову виникла наприкінці досліду. Порушення психіки були незначні, але настрій досліджуваного погіршився, з'явились ознаки тривоги і сильного стомлення. Спостереження було припинене в зв'язку з тим, що досліджуваний відмовився продовжувати дослід.

Помічник директора Національного інституту охорони здоров'я США в Мериленді Р. Ферайєр, який приїздив до нас, говорив, що хвороба замкнутого простору, за його даними, розвивається і у людиноподібних мавп — шимпанзе. Вона пов'язана з центрами, що знаходяться у скроневій ділянці; видалення їх відвертає це захворювання.

Цілком зрозуміло, що виникнення порушень психіки у космонавтів абсолютно неприпустиме так само, як і операція на головному мозку для попередження таких порушень. До речі, є відомості, що кілька радянських дослідників протягом 100 годин знаходились в ізольованій кабіні і не відзначили в себе будь-яких психічних порушень *. Інший дослідник пробув у барокамері сім діб, при цьому в нього не було значних порушень вищої нервової діяльності. Розбіжність у наведених даних, очевидно, пояснюється тим, що наші досліджувані були зацікавлені в успішності проваджуваних досліджень і самі були їх учасниками.

Можливість порушення вищої нервової діяльності дещо збільшується в стані невагомості, коли виключаються функції півкруглих каналів, виключаються мотори, а разом з тим зникають шум і вібрація. Під час зльоту космічного корабля патологічні явища можуть виникати під впливом цих останніх факторів, але цей період короткочасний.

Отже, основне завдання космічної медицини полягає в медико-біологічному забезпеченні космічних польотів. Для цього в розпорядженні космічної медицини є два основних методи вивчення впливу на організм космічних польотів: 1) дослідження в лабораторних умовах на землі у відповідних установках (термобарокамери, центрифуги, водні басейни тощо), 2) вивчення фізіологічних реакцій тварин під час польоту їх в ракетах і кораблях-супутниках.

Медико-біологічне забезпечення космічних польотів має бути різне залежно від характеру польоту. При короткочасних орбітальних польотах регенерація повітря в кабіні можлива при застосуванні фізико-хімічних засобів оновлення середовища. Під час польоту можна взяти достатню кількість півріджої поживної маси. Можливість таких польотів доведена в дослідах з Лайкою, Білкою і Стрілкою. Після відповідного тренування тварини задовільно перенесли вплив прискорення при зльоті і стан невагомості (В. Н. Чернов, В. І. Яковлев, 1958).

Для більш тривалих космічних польотів потрібні спеціальні умови, про які було сказано вище. При польотах з великим прискоренням потрібні спеціальні протиперевантажувальні заходи, про які також згадано вище. Крім того, можливі деякі впливи на організм космонавта, які підвищують переносність прискорення. Так, гіпотермія, почасти навіть медикаментозний сон трохи підвищують таку толерантність (В. І. Данилейко, 1957). Міжпланетні польоти з посадкою на інші планети потребують складної медико-біологічної підготовки, до якої вхо-

* Наведено за Д. Розенблюмом, «Мед. работник», травень 1959 р.

дить медико-біологічне забезпечення життя, насамперед на Місяці і Марсі. Для цього вже тепер слід подбати про те, як можна поповнювати харчові ресурси шляхом культивування рослин у спеціальних оранжереях з додатковими умовами (кисень, вологість тощо). Кларк, Фултон, Клеманн, Грейбіл і Фогель (1959) повідомили на XXI Міжнародному конгресі фізіологів, що були проведені досліди по вивченню виживання різних організмів у лабораторних умовах, які в значній мірі відповідали умовам на Марсі. Це стосувалось в основному температури, атмосферного тиску, вологості, газового складу, типу грунту і радіації. В таких умовах культивували анаеробні й аеробні бактерії, дріжджі, актиноміцети, водорості, лишайники і мохи. При цьому було відзначено збільшення загальної кількості деяких мікроорганізмів. Найбільшу увагу привертають лишайники, особливо високогірні, які легко переносять різку зміну температури і знижений атмосферний тиск. Відомо, що деякі види лишайників використовуються для їди.

До завдань космічної медицини входять також добір і тренування майбутніх космонавтів. Флікінгер повідомив про добір кандидатів у космонавти з 220 бажаючих; при цьому було відібрано тільки сім чоловік.

27 січня 1959 р. в США було оголошено про добір першого американця для космічного польоту. При цьому було зазначено, що він має бути абсолютно здоровою людиною, віком менше 40 років, не вище на зріст від 5 футів 11 дюймів, за спеціальністю військовим льотчиком-випробувачем з університетською освітою і вченим ступенем в галузі технічних або фізичних наук.

Із сказаного вище видно, що космонавти повинні добре переносити гіпоксію і ряд інших незвичних впливів. Осіб юнацького і похилого віку, які гірше переносять кисневе голодування, на думку Н. В. Лауер, А. З. Колчинської, не слід допускати до космічних польотів. Спостереження над досліджуваними в замкнутому просторі показують, що космонавт не повинен бути тільки досліджуваною особою, а обов'язково також і активним учасником польоту і досліджень.

## ЛІТЕРАТУРА

Богомолец А. А., Артериальная гипертония. Очерк патогенеза. Избранные труды, К., 2, 1957, с. 372.

Бресткин М. П., Труды Всесоюзной конференции по изучению стратосферы, 1935, с. 602.

Вопросы медицины при межпланетных полетах, збірник, М., 1955.

Газенко О. Г., Малкин В. Б., Биология космических полетов, Наука и жизнь, 1958, с. 11.

Данилейко В. И., Влияние гипотермии и барбамилового наркоза на резистентность крыс к радиальному ускорению. Отчет Киевского областного об-ва патофизиологов за 1957 г., 1958, с. 58.

Дарвин Ч., Путешествие на корабле «Бигль».

Колчинская А. З., О влиянии высокогорного климата на детей и лиц преклонного возраста, сб. «Физиология и патология дыхания, гипоксия и оксигенотерапия», 1958, с. 90.

Колчинская А. З., Туранов В. В., Морозов А. П., О влиянии высокогорного климата на юношеский организм, сб. «Физиология и патология дыхания, гипоксия и оксигенотерапия», К., 1958, с. 96.

Малкин В. Б., Проблемы биологии космического полета, Природа, 10, 1959, с. 35.

Парин В. В., Черниговский В. Н., Яздовский В. И., Известия АН СССР, 1, 1960.

Циолковский К. Э., Грезы о земле и о небе, Изд-во АН СССР, М., 1959; Исследование мировых пространств ракетными приборами. Собр. соч., Изд-во АН СССР, М., 2, 1954, с. 69.

Человек в условиях высотного и космического полета, збірник, М, 1960.

Чернов В. Н., Яковлев В. И., Научные исследования при полете животного на искусственном спутнике земли, Искусственные спутники, Изд-во АН СССР, М., 1958, с. 80.

A. E. S. Medical aspects of space flight, Aeroplane and Astronaut, 97, N 1499, 1959, p. 153.

Bowman N. I., The Food Atmosphere Control Problem in the Space Vessels, Journ. of the British Interplanetary Society, 12, 4, 1954, p. 159.

Evrard E., Henrotte I. G., Ionckheere P., Contribution à l'étude du comportement psycho-physiologique d'un sujet isolé en milieu confiné dans des conditions très défavorables, Méd. aeronaut., 14, 1, 1959, p. 31.

Hardy J. D., Acceleration problems in space flight, XXI International Congress of physiological science, Symposia and Special lectures, Buenos Aires, 1959, p. 177.

Clark R. T., Fulton J. D., Clamann H. G., Graybiel A. and Vogel J., Basic research problems in space medicine, XXI International Congress of physiological science, Symposia and Special lectures, Buenos Aires, 1959, p. 176.

Strughold H., Benson O., Space medical research, New Engl. Journ. Med., 261, 10, 1959, p. 494.

Надійшла до редакції
10. XI 1960 р.