

ADAPTACIÓ DE L'HOME A L'ESPAI

DAVID CARDÚS

The Institute for Rehabilitation and Research Houston. USA.

0. Introducció

Dir que l'home està adaptat al seu ambient és, potser, una afirmació banal. L'anàlisi i la descripció precises d'aquesta adaptació de cap manera ho són. I quan hom es planteja la qüestió de què passaria si les característiques de l'ambient canviessin, aleshores ens trobem que estem provocant un problema que els textos de fisiologia i medicina no tracten. És clar que la qüestió era irremeiablement hipotètica fins fa pocs anys, però ara que ja s'està projectant l'establiment de bases a la Lluna, viatges interplanetaris i s'investiga la possible existència de vida a altres contrades de l'univers, la qüestió esdevé incommensurablement rellevant per al futur de la humanitat.

El medi ambient al qual l'home està adaptat és constituït per elements físics i no-físics. Les característiques físiques del medi espacial són totalment distintes de les que prevalen a la superfície terrestre. Per tant, cal esperar que quan l'home es desplaça i roman a l'espai experimenti, primer, una certa intolerància fisiològica al nou ambient i subseqüentment una progressiva desadaptació a l'ambient terrestre.

1. L'adaptació humana a la Terra

L'home forma, amb el seu medi ambient, un sistema ecològic natural que es caracteritza per un grau elevat de complexitat.

Els mecanismes d'adaptació d'aquest sistema ecològic natural s'han forjat en el curs d'un procés d'evolució que és subjecte encara de moltes conjectures, però que actualment és acceptat per la gran majoria dels biòlegs.

El procés evolutiu biològic és continu. En el seu estat present l'home, igual que els altres animals i les plantes, no solament està adaptat al seu medi ambient, sinó que també gaudeix d'una capacitat de variabilitat funcional que li permet sobreviure a una considerable variabilitat de l'ambient constrenyida, certament, per uns certs límits. Aquesta capacitat de variabilitat funcional es basa en reserves de capacitat aeròbica i metabòlica que permeten la mobilitat i la tolerància a canvis de temperatura, humitat, pressió i composició atmos-

fèrica, períodes d'alternança en la ingestió d'aigua i aliments, ritmes circadians, etc. La capacitat de variabilitat funcional present que permet la tolerància a canvis del medi ambient és possible gràcies a l'existència de sistemes de regulació interna desenvolupats en el curs de l'adaptació evolutiva. D'una manera simplificada, un sistema regulador consisteix en uns receptors que detecten canvis a l'ambient, un centre integrador, uns òrgans efectors que proveeixen els mitjans per corregir les pertorbacions en el medi intern, i unes variables controlades, a través de les quals s'envien missatges al centre integrador; així es tanca un circuit de *feed-back*. Un exemple d'un sistema de regulació fisiològica és el del manteniment de la temperatura corporal. Sabem que pel que respecta a la temperatura hi ha animals amb regulació (homotèrmes) i animals sense regulació (poiquilotèrmes). Els animals que tenen regulació poden, generalment, sobreviure a variacions de temperatura externa, més àmplies que les que toleren els animals que no tenen regulació.

Donat un cert estat evolutiu d'un sistema de regulació existeixen uns límits de variació externa més enllà dels quals la supervivència no és possible. Citem, com a exemple, que la pressió baromètrica límit per a l'home és la que correspon a l'altitud d'una muntanya com l'Everest.

2. Les condicions físiques de l'espai

Les condicions físiques prevalents a la superfície terrestre són principalment determinades per la força de la gravetat i per l'atmosfera que envolta la Terra. A l'espai, les condicions físiques són totalment distintes. Mentre que a la Terra la temperatura oscil·la entre límits relativament estrets, les variacions a l'espai són extremes. Mentre que a la Terra s'està subjecte a una pressió atmosfèrica, a l'espai tal pressió no existeix. Mentre que en el medi ambient normal la força de la gravetat ens aferra a la Terra, a l'espai els cossos floten ingràvids. A l'espai no hi ha oxigen per respirar, aigua per beure, aliments per nodrir-se. A l'espai no existeixen els ritmes circadians als quals els nostres sistemes fisiològics estan adaptats. A l'espai existeixen radiacions contra les quals l'home, a la Terra, està en part protegit. I a la Terra, l'home està avesat a viure en companyia d'altres éssers humans, mentre que a l'espai tot és silenci, obscuritat i solitud.

3. Possibilitats d'habitabilitat a l'espai

La qüestió de l'habitabilitat a l'espai obre grans esperances per al futur de la humanitat, però està només embastada. Encara que hem estat a la Lluna i n'hem tornat, resta molt encara per fer, per esbrinar si la colonització permanent de l'espai és possible.

Cal, en primer lloc, definir tres circumstàncies que posen problemes d'habitabilitat molt diferents: la permanència a l'espai en una òrbita, a l'espai llunyà (interplanetari) o a una superfície planetària. Durant el vol orbital o el sojorn interplanetari no existeix cap recurs químic local que pugui ésser utilitzat per crear un sistema ecològic semiobert. És absolutament necessari que l'home tragini amb ell el sistema ecològic al qual està adaptat. És, a més, evident que els problemes de manteniment i de seguretat personal que presenta una base interplanetària, en oposició a una base orbital, són molt diferents. La solució a possibles problemes de funcionament de l'equipament i a situacions d'emergència és molt més al nostre abast quan es tracta d'una estació orbitant que quan es tracta d'una estació a l'espai llunyà o durant un viatge interplanetari.

La colonització o, si més no, la permanència perllongada en una superfície planetària permet l'ús de recursos locals, cosa que fa possible la concepció de sistemes ecològics semioberts.

Pel que fa referència al vol orbital, l'experiència dels 30 anys d'exploració espacial que tenim han proporcionat un nombre considerable de nous coneixements, entre els quals són de particular interès, dintre del context que ara ens ocupa, els efectes fisiològics del vol orbital.

4. Observacions fisiològiques durant el vol orbital

Les alteracions funcionals que experimenta l'home quan se'l transporta a l'espai són múltiples i d'importància variable. Cal, en primer lloc, aclarir que hi ha alteracions transitòries que acaben en un estat d'equilibri fisiològic que no difereix del que s'observa a la Terra, i altres en què, després d'un període transitori, l'estat d'equilibri final és diferent del que preval a la Terra. Citem, com exemple, algunes de les alteracions fisiològiques experimentades per astronautes en el curs de la inserció orbital de la nau espacial. D'una manera immediata, només coneguda parcialment, es produeix, amb motiu de canvis successius d'acceleració, desacceleració i microgravetat, un desplaçament de fluids de les cames a la part superior del cos. Aquest desplaçament de fluids dona lloc a canvis circulatoris que l'astronauta explica en termes de lleugera dificultat respiratòria, mal de cap i embotornament de la cara. Al cap d'unes hores aquests símptomes desapareixen i l'astronauta torna a sentir-se més o menys normal. Aquest episodi il·lustra un canvi transitori que acaba en un equilibri que no difereix del que existeix a la Terra.

Al cap d'un dia o dos a l'espai l'astronauta experimenta una pèrdua d'aigua corporal. L'aigua perduda ve, principalment, dels fluids que envolten les cèl·lules —fluid extracel·lular— que poden ser considerades com illes immerses en un oceà de fluids extracel·lular. Aquesta pèrdua persisteix mentre l'individu continua en el medi de microgravetat. És una situació que il·lustra, doncs, un canvi fisiològic que acaba en un estat d'equilibri diferent del que regeix a la superfície terrestre. Aquestes alteracions transitòries no preocupen gaire, car no interfereixen amb les missions assignades, però sí que cal tenir-les en compte perquè normalment produeixen problemes de readaptació en el moment del retorn a la Terra o d'aterratge a qualsevol cos celest que posseeixi gravetat.

Hi ha, però altres alteracions fisiològiques que es distingeixen perquè sembla que tenen un caràcter progressiu o, si més no, perquè són alteracions en les quals no s'ha observat encara un estat d'equilibri final. Exemples d'alteracions d'aquesta categoria són l'atròfia muscular i la desmineralització dels ossos que suporten el cos. La progressivitat de la pèrdua de massa muscular i del calci ossi és motiu de gran preocupació quan es pensa en una visita a Mart, que pel cap baix requerirà un viatge de dos anys. La preocupació ve augmentada pel fet que les mesures per contrarrestar aquests efectes de la microgravetat no s'han mostrat, fins ara, del tot eficaces. Fins que no s'hagi demostrat experimentalment quins són tots els efectes fisiològics d'un règim de microgravetat d'un període mínim de dos anys, serà una decisió altament temerària enviar un home a Mart. Més, encara, si es té en compte que està al nostre abast portar a terme aquest tipus de verificació. Molt segurament, els soviètics, amb Yuri Romanenko, que acaba de fer un sojorn de 326 dies a l'espai, tenen informació que ha de ser de gran interès sobre aquesta qüestió. Fa cosa d'un parell de mesos un dels cosmonautes, Alexander Laveikin, després d'haver passat 174 dies a l'espai, va haver de ser retornat a la Terra perquè li va aparèixer una arítmia cardíaca. Això no vol dir que l'arítmia fos necessàriament deguda a la microgravetat, però indica que, tant

si ho fou com si no, cal comptar que en el curs de dos anys es presentin, per molt ben seleccionats que siguin els astronautes, problemes mèdics tals com els que habitualment es produeixen a la Terra. Cal anticipar, per exemple, que a mig camí de Mart un dels astronautes tingui un atac d'apendicitis. Cal, per tant, estar preparat per a una tal eventualitat i això implica un element més en el complex plantejament de la recollida de dades experimentals durant el vol espacial i de l'entrenament de l'astronauta.

Hi ha un risc en el vol espacial que respecte a la salut humana són difícils de valorar. Sabem que a l'espai existeixen radiacions que poden ser molt nocives per al ser humà. Les mesures de protecció amb què han estat dotades les naus espacials s'han mostrat efectives durant els vols orbitals, però no han estat posades a prova durant vols interplanetaris. En aquest moment estem en suspens quant a les garanties que es poden oferir a l'astronauta en aquest sentit. S'ha suggerit, també, que la permanència prolongada a l'espai afecta el sistema immunitari humà. Els estudis reportats fins ara no han estat confirmats, però són suficientment alarmants perquè la qüestió continuï investigant-se. Pel que fa referència al mareig, que pot ser un gran handicap, sembla que sigui possible seleccionar astronautes capaços d'adaptar-se a la microgravetat i tolerar llargues permanències a l'espai.

5. Projecte de peregrinació extraterrestre

L'establiment d'estacions orbitals o interplanetàries requereix sistemes ecològics tancats que permetin la producció d'aire respirable, la purificació d'aigua, la destrucció de productes de rebuig i la utilització de tècniques especials per al cultiu de productes alimentaris. Sistemes de suport vital basats en principis ecològics essencials ja han estat degudament dissenyats i utilitzats en els vols orbitals que s'han realitzat fins ara. Els vols orbitals són més fàcils de suport vital que els vols interplanetaris, ja que permeten el subministrament de queviures i materials en un terme de temps curt. Poden ésser, doncs, perllongats indefinidament. Els vols interplanetaris requereixen també sistemes ecològics tancats. Cal, de moment, pensar en dissenys que es pugui demostrar que no presenten problemes de seguretat personal durant un període de temps definit. Ja és una qüestió debatible si en el futur serà possible construir sistemes ecològics per a una colonització indefinida a l'espai interplanetari. És possible que en el futur s'estableixin estacions espacials interplanetàries per a permanències perllongades i que fins i tot siguin necessàries en vistes a una expansió còsmica, però de moment encara no hi ha plans concrets. La imaginació d'alguns futuristes concep ciutats espacials que se'ns poden aparèixer com una mena de rodes de bicicleta enormes, dotades d'un mirall flotant destinat a recollir llum solar. En els radis d'aquestes rodes hi hauria botigues, laboratoris i oficines. Grans tubs de transport permetrien el va i vé dels residents de la ciutat per visitar el que podríem anomenar el pneumàtic de la roda o torus, on es localitzarien àrees per a l'esport i l'entreteniment. Un tub llarg uniria la roda a un port per a l'atrancament de la nau espacial, on podria haver-hi també la planta d'energia i un conjunt de fàbriques. Als replers de la superfície del pneumàtic s'hi adossarien roques i altres materials per protegir la ciutat contra els meteorits i les radiacions. A l'interior, uns agricultors s'ocuparien de distribuir l'aigua i els elements nutritius a vegetals cultivats sense terra.

Quant a l'establiment de bases sobre superfícies planetàries, de moment només es consideren com a possibilitats la Lluna, Mart i Tità, un dels satèl·lits de Saturn. Ja es tenen mapes de la Lluna i de Mart, però encara són incomplets i insuficientment detallats. La geografia de Tità és poc coneguda. Mart i Tità posseeixen atmosfera, la composició de la

qual és també només parcialment coneguda, i el mateix podem dir del seu sòl, si bé se sap que conté recursos que podrien ésser utilitzats en un sistema ecològic artificial. La Lluna no té atmosfera i encara es discuteix si té aigua extractable del sòl o dels casquets polars. Té, però, importants recursos químics. L'establiment de bases sobre la superfície lunar és ben a l'abast de les possibilitats tecnològiques actuals i es considera un pas pràctic, amb molts avantatges, envers l'explotació i colonització de l'espai.

6. Adaptació prospectiva

Tota vegada que, segons sembla, les propietats físiques terrestres no es troben reproduïdes a cap altre planeta del sistema solar, és lògic que ens preguntem quin és el potencial evolutiu humà per adaptar-se a ambients als quals no està adaptat i en els quals, per tant, no podria sobreviure en aquest moment.

Si volem que aquesta pregunta vagi més enllà d'una especulació filosòfica caldrà que abans ens fem altres preguntes que es puguin contestar o que siguin susceptibles d'hipòtesis plantejables d'acord amb els nostres coneixements actuals. Algunes d'aquestes preguntes són:

És al nostre abast concebre formes de vida intel·ligent basades en principis d'existència totalment diferent als que prevalen a la Terra?

Per quins mecanismes s'ha produït l'evolució biològica que ha conduït a l'existència humana tal com la coneixem?

Si la supervivència de l'espècie humana requereix l'adaptació a nous principis d'existència, cal esperar que com a pas previ l'adaptació terrestre evolucioni més enllà perfeccionant les capacitats físiques i mentals actuals i, potser, originant-ne de noves?

Per quins mecanismes s'ha produït l'evolució biològica terrestre i quines són les seves causes?

Quina recerca s'està fent en direcció a un millor coneixement i possible control humà de l'evolució biològica i quins mètodes s'utilitzen?

Quin és el significat de l'ansietat humana per la immortalitat, encara que es limiti a la immortalitat de l'espècie?

En altres paraules, tal com preguntava Rostand, pot ésser modificat l'home? i si pot ser-ho, per a què?

7. Publicacions consultades

- Foundations of Space Biology and Medicine. Joint USA/USSR Publication in three volumes. Calvin M and Gagenko OG (Editors). NASA, WASHINGTON, D.C. 1975.
- Results of the Life Sciences DS0s Conducted Aboard the Space Shuttle 1981-1986. Bungo MW and Bowman MA (Editors) NASA Lyndon B. Johnson Space Center. Houston, Texas 1987.
- National Geographic Picture Atlas of Our Universe. RA Gallant. National Geographic Society, 1986.
- Handbook of Physiology. Section 4. Adaptation to the Environment Hill OB, Adolph EF and Wilber CG. American Physiological Society. Washington, DC. 1964.