

LE RICADUTE SULL'UOMO DELL'ESPLORAZIONE SPAZIALE

M. Bizzarri

Coordinatore Progetti Scientifici e Tecnologici Agenzia Spaziale Italiana, Università "La Sapienza", Roma

Consequences of space exploration for mankind

Space exploration obliges man to confront a hostile environment of cosmic radiation, microgravity, and magnetic field changes. Although the people who will go to Mars have been born, many new discoveries will be needed and new disciplines will have to be created before they can actually go there. All of this will have a tremendous impact on our health technology. For one thing, universities will work together with enterprises, creating a new way to carry out research. Space exploration has already generated new insight into osteoporosis, muscle atrophy, and motor coordination disorders. Space research has produced a long list of utilities including bone fixation devices and wheelchairs. Over the next 5 to 7 years, in the International Space Station many programs ranging from molecular biology to direct observation of human subjects will be developed. This will mean that, while awaiting the first expedition to Mars (which will take place after 2080), the collaboration of scientists with small and medium enterprises will continue to produce useful devices for people on earth. (G Ital Nefrol 2008; 25: 686-9)

Conflict of interest: None

KEY WORDS:

Magnetic field,
Microgravity,
Enterprises,
Cosmic
radiations,
Space research,
Universities

PAROLE CHIAVE:

Campo
magnetico,
Microgravità,
Imprese,
Radiazioni
cosmiche,
Ricerca spaziale,
Università

✉ Indirizzo degli Autori:

Prof. Mariano Bizzarri
Medicina Sperimentale
Università La Sapienza
Via Scarpa, 14
00100 Roma
e-mail: mariano.bizzarri@uniroma1.it

BIOLOGIA E SPAZIO

Sfogliando uno dei (rari) manuali pertinenti la ricerca biomedica nello Spazio, si è colpiti dalla vastità ed eterogeneità degli studi condotti da almeno cinquant'anni a questa parte. Il lettore attento saprà ritrovare dettagliate descrizioni di numerose tematiche - dalla psicopatologia del confinamento alla biologia molecolare dell'osteoporosi - che hanno costituito e costituiscono oggetto di assidua investigazione. Tuttavia, per quanto diligente possa essere, il lettore difficilmente riuscirà a trovare esposti in chiaro i motivi di fondo che giustificano e legittimano gli sforzi - umani e finanziari - profusi dalla comunità scientifica nello studio delle condizioni che rendono possibile la "vita nello spazio".

Probabilmente questo è dovuto ad una serie di ambiguità che - irrisolte e incomprese - creano confusione e finiscono con il giustificare ritardi e reticenze.

LA DEFINIZIONE DELLA VITA

La prima è intrinseca alla difficoltà di giungere ad una definizione di "Vita" che non si risolva in tautologie o in affermazioni circolari. Lovelock (1), ricorda in proposito come, proprio nell'ambito del progetto di ricerca della vita su Marte avviato dalla NASA, si aspettasse di "sco-

prire da qualche parte, nella letteratura scientifica, un'esauriente definizione della vita come processo fisico, sul quale poter basare un programma di esperimenti per la ricerca della vita" ma fu "sorpreso di scoprire quanto poco fosse stato scritto sulla natura della vita stessa". Nel cercare di dare una risposta alla domanda - che quasi in filigrana scorre al di sotto del lavoro di ogni scienziato e di ogni filosofo - è difficile sottrarsi alla tentazione di tranciare il nodo gordiano accontentandosi di categorie provvisorie e di definizioni scontate. Probabilmente, come per la Morte, non sapremo realmente definire cos'è la Vita, se non ricorrendo ad un ragionamento circolare per cui la vita è ciò che differenzia una condizione dal suo contrario (*l'exitus!*) e viceversa. Non sappiamo come prende inizio e - nei casi di decesso "naturale" - non sappiamo come abbia fine. Molti ritengono sia difficile affrancarsi da questa polarizzazione che, con toni ed accenti diversi, ha da sempre segnato la riflessione filosofica sul tema e che, invero, lascia poco spazio all'analisi scientifica, ammeso e non concesso che una "definizione della vita" rientri legittimamente nell'ambito degli scopi che si prefigge la Scienza. In effetti, se la vita viene considerata in quanto intervallo temporale - delimitato dagli estremi della nascita e del decesso - la definizione che ne risulta emerge dal rapporto antinomico vita-morte e non può non essere che una definizione data in negativo: è *vita*

ciò che non è *morte*. Se invece per "vita" si considera ciò che di assolutamente essenziale caratterizza il "vivente", ci si condanna ad una lunga elencazione di *qualità* - tutte necessarie ma forse nessuna realmente sufficiente - tali da differenziarlo rispetto a ciò che è "morto"; ancora una volta non si sfugge al tranello delle definizioni circolari e soprattutto alla necessità di caratterizzare uno *status* in rapporto ad un altro. Lo studio della vita nello spazio non ha fatto che ampliare il peraltro già lungo elenco di condizioni cui i processi vitali devono sottostare per essere ritenuti tali, dovendosi ormai includere nel novero dei requisiti fattori prima insospettati, come la forza di gravità, il campo magnetico (2), le radiazioni cosmiche.

IL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Un secondo ordine di complicazioni emerge quando si constata come, dietro la pur straordinaria messe di ricerche scientifiche condotte, sia mancata - almeno fino ad un decennio fa - una chiara strategia di programma, capace di articolare progetti ed obiettivi scaglionati nel tempo. Ne è risultata una generale carenza di sistematicità che, a sua volta, ha ingenerato confusione ed incapacità ad assicurare un più efficace trasferimento tecnologico. Per molto tempo - e specialmente in Europa - la cultura del brevetto è risultata estranea al mondo accademico, che privilegia la pubblicazione alla "patente" ed allo *spin-off*. Questo elemento, unitamente allo scarso coordinamento della ricerca, ha contribuito a mantenere distanze e steccati nei confronti del mondo industriale. In questi anni abbiamo però assistito ad un cambiamento radicale nella gestione degli enti di ricerca, principalmente perché la contrazione reale dei fondi pubblici destinati alla ricerca pubblica impone agli enti di cercare altre fonti di finanziamento, tra cui, in primo luogo, quelle provenienti dall'industria. In qualche modo le istituzioni accademiche devono mettersi "sul mercato", per quanto la maggior parte dei ricercatori trovi odioso il termine. Se alle Università difetta una "cultura d'impresa", le Aziende, per altro verso, hanno per lungo tempo commesso l'errore di affrontare le tematiche della ricerca scientifica con impostazioni e strumenti concettuali inadeguati, spesso limitandosi a sovrapporre schemi e procedure operative consolidate in altri ambiti, ma del tutto insufficienti quando si è trattato di relazionarsi con la comunità accademica. È ormai evidente che occorre oggi costruire un tavolo di concertazione che riunisca Enti di ricerca, Aziende ed Amministrazioni pubbliche da cui far emergere una attenta pianificazione della ricerca, affiancandola al parallelo sviluppo della innovazione tecnologica e della formazione professionale. Contemporaneamente, la ricognizione delle esigenze del mercato - unitamente ad

una esaustiva divulgazione dei risultati - consentirà di tradurre l'innovazione in un prodotto.

Da questo punto di vista l'investigazione biomedica e la sperimentazione biotecnologica nello spazio promettono di diventare vere e proprie miniere, da cui estrarre benefici ancora largamente insospettati.

IL CAMMINO PERCORSO

Le conoscenze finora ottenute sono il frutto di circa mezzo secolo di studi effettuati su cellule, animali e uomini orbitanti intorno alla Terra all'interno di veicoli spaziali di vario tipo, fino a quello più evoluto rappresentato dalla Stazione Spaziale Internazionale (ISS). In questa condizione gli organismi viventi sono sottoposti fondamentalmente a tre condizioni "anomale": microgravità, radiazioni cosmiche, isolamento/confinamento. Il rientro sulla Terra dalla ISS è tuttavia possibile in tempi brevi e l'esposizione a radiazioni cosmiche, in assenza di *solar flares*, desta preoccupazioni relative in rapporto alla durata delle missioni attuali.

Gli studi di biomedicina spaziale hanno consentito di individuare la specificità delle problematiche fisiopatologiche inerenti alle mutate condizioni ambientali, senza tuttavia che venisse sviluppato un piano efficace di contromisure, se non quelle necessariamente previste in un'ottica di sopravvivenza per periodi relativamente brevi. Allo stato dell'arte, osservando una serie di cautele e mettendo in atto contromisure di tipo fisico e farmacologico, siamo oggi in grado di assicurare la sopravvivenza in orbita terrestre per alcuni mesi, e le conseguenze negative sugli organismi sono sostanzialmente recuperate in tempi brevi dal rientro.

Abbiamo imparato molto, ma facendolo ci siamo di fatto limitati a sollevare un velo. Permangono numerose incognite fondamentali, legate soprattutto alle scarse conoscenze delle basi fisiopatologiche e molecolari, dei disturbi osservati in astronauti e sulla reversibilità delle alterazioni in caso di un protrarsi della permanenza nello spazio interplanetario. La microgravità si è rivelata essere una condizione di straordinaria rilevanza - a dispetto della esiguità delle forze in gioco - ed ha mostrato di poter stravolgere la biochimica e l'espressione genica della cellula. È dubbio che la vita - così come si è sviluppata sulla Terra - possa svilupparsi in condizioni di microgravità persistente, se non condannando gli eventuali esseri viventi ad una rapida senescenza e ad una altrettanta rapida dipartita. Per non parlare della radiazione cosmica che, in assenza di schermo, distruggerebbe qualunque forma di esistenza.

Questi limiti rappresentano il vero vincolo negativo alla reale percorribilità della prospettiva strategica dell'esplorazione umana dello spazio. Le principali modificazioni che l'ambiente microgravitazionale determi-

na negli astronauti a livello fisiologico sono a carico del tessuto osseo (osteoporosi), del tessuto muscolare (atrofia), dell'apparato cardiovascolare (decondizionamento) e dell'integrazione sensori-motoria (disturbi del coordinamento motorio). Queste alterazioni si instaurano rapidamente durante la permanenza nello spazio, fino a determinare patologie molto simili a quelle analoghe che si manifestano, nel corso di decenni, nella senescenza (3).

È però possibile studiare i meccanismi che determinano questi fenomeni e valutare i relativi interventi preventivi o terapeutici in una condizione particolarmente favorevole per due ordini di considerazioni: una è rappresentata dall'insorgenza della patologia in soggetti giovani e sani, il che consente di rimuovere le altre possibili concause legate alla senescenza e alle correlate patologie; l'altra è costituita dal vantaggio di poter studiare l'instaurarsi di questi processi in condizioni controllate ed in tempi molto brevi rispetto al fenomeno naturale della senescenza.

LE OPPORTUNITÀ

Le caratteristiche del contesto, così delineato, restituiscono alla ricerca Biomedica Spaziale una portata che, invero ingenerosamente, (ecc...) viene ad essere appiattita dalle definizioni canoniche che la concepiscono come un'attività scientifica rivolta *solo* ad assicurare le condizioni di vita migliori possibili per gli astronauti. Certo questo è *uno* degli obiettivi. Tanto il viaggio quanto la permanenza nello spazio sono gravati da pericoli ed incognite che, a tutt'oggi, rendono problematiche missioni di lunga durata o l'esplorazione di pianeti come Marte. L'organismo vivente si trova a doversi confrontare con un ambiente assolutamente ostile, caratterizzato dalla presenza di radiazioni cosmiche, dalla microgravità, da condizioni di sconfinamento estreme e di alterato campo magnetico. Sappiamo come tutto questo incida in modo drammatico sulla fisiologia e sulla biochimica degli esseri viventi. Ciò nondimeno, la biomedicina spaziale più che rispondere ad una *necessità* - sia pure indiscutibile - deve oggi essere considerata come una *straordinaria opportunità* che si offre alla ricerca in relazione a tre ordini di questioni:

1) La ricerca biomedica spaziale ha prodotto e produce benefici tecnologici, e facilità di sviluppo per nuove prospettive metodologiche in ambiti - dalla radiobiologia alle applicazioni strumentali - che interessano in primo luogo l'avanzamento delle conoscenze mediche. La ricerca medica per lo Spazio ha prodotto il fissatore osseo, le leghe per le carrozzelle destinate ai disabili, le apparecchiature per la riabilitazione neuromotoria dei cerebrolesi, le siringhe monouso e innumere-

voli altri strumenti ed utilities. È lecito domandarsi se queste conquiste sarebbero comunque state conseguite e quali tempi ciò avrebbe richiesto. Di certo costituiscono un esempio preclaro della validità dell'adagio della NASA: *research on space for benefits on earth*.

2) La biomedicina spaziale si confronta con le problematiche poste da un ambiente estremo, capace di interferire sulla biologia e sulla fisiologia del vivente per il tramite di meccanismi tutt'altro che chiari. Emblematico è al riguardo il caso della gravità, una forza da sempre ritenuta troppo debole per poter efficacemente interagire con la materia vivente ma che nondimeno esplica effetti relevantissimi e in tempi precoci. Numerose sono le teorie proposte nel tentativo di spiegare tale interazione (4, 5), anche se nessuna prova conclusiva è finora stata ottenuta a conferma dell'una o dell'altra. Si tratta di una vera e propria sfida che ripropone ancora una volta l'esigenza di un "sapere integrato", capace di colmare il gap che da sempre sussiste tra scienze biologiche e scienze fisiche. Una sfida che richiede non solo approcci multidisciplinari, ma altresì modelli - come quello offerto per l'appunto dallo spazio - capaci di coinvolgere l'interesse dei ricercatori e tali da consentire sperimentazioni assolutamente inedite e potenzialmente aperte alle più diverse prospettive.

3) Infine, per riproporre quanto sopra ricordato, non possiamo esimerci dal sottolineare come dietro queste sfide tornino comunque a riaffacciarsi problematiche di squisito sapore filosofico - cos'è la vita? Quali condizioni la rendono possibile? È un fenomeno che riguarda esclusivamente la Terra o è presumibile che possa essere comparsa anche altrove? - anche se il loro inquadramento non saprebbe prescindere da un approccio scientifico rigoroso. Nonostante la speculazione moderna abbia cercato di marginalizzarle - se non addirittura di rimuoverle - domande del tipo "cos'è la vita" e "quale è il nostro posto nell'universo", conservano appieno la loro pregnanza e la loro attualità ed è alquanto singolare che tutto ciò ci venga ricordato proprio da discipline che si collocano all'avanguardia della ricerca scientifica.

UNO SGUARDO AL PROSSIMO FUTURO

Al momento la ricerca biomedica nello spazio ha sollevato più questioni e problemi che risposte. Opportunità di sperimentazione e nuovi orizzonti di ricerca si sono meravigliosamente dischiusi di fronte a noi. E questo basti a sottolinearne la fecondità e la potenzialità che riveste tale settore agli occhi dell'uomo di scienza. Ragionevoli premesse lasciano sperare che lo sforzo congiunto a livello internazionale potrà correre in modo significativo a dare soluzione ai tanti

quesiti che l'esplorazione dello spazio pone oggi come imprescindibili se si vuole davvero conseguire gli obiettivi prefissati. Un ruolo strategico verrà rivestito dagli esperimenti condotti a bordo della ISS nel corso dei prossimi 5-7 anni: occorrerà approfittare degli ultimi anni di vita della stazione per dispiegare il massimo dell'impegno, volto a coniugare lo studio a livello molecolare con quello condotto sull'uomo, sempre riconducendo la *sperimentazione in vitro* alla attenta riflessione clinica. Molto ci si attende dalla produzione di nuovi composti e molecole ottenuti in condizioni di microgravità: è probabile che la ISS, sotto questo profilo, sia destinata a diventare un laboratorio biotecnologico in miniatura dove sperimentare reazioni e sintesi di nuovi prodotti impensabili o estremamente costosi da realizzare sulla Terra. È tuttavia evidente che occorre dispiegare uno sforzo maggiore, sia nell'ambito dei processi educativi - prevedendo magari in ambito universitario specifici percorsi formativi - sia nel facilitare la multidisciplinarietà dell'approccio scientifico, la razionalizzazione e l'ampliamento delle risorse. Bisogna pertanto saper apprezzare e poter valorizzare l'entusiasmo e la disponibilità manifestata dai giovani ricercatori - sangue e linfa di questa nuova impresa - e dalle piccole ma dinamiche realtà che, soprattutto in alcune realtà "minori", danno prova di grande inventiva e vitalità.

Forse non è ancora proprio chiaro - né alla comunità scientifica stessa né, purtroppo, al mondo politico ed industriale - quali e quanti benefici ed opportunità si schiudano grazie all'impegno profuso per lo Spazio. La sinergia finora realizzata tra Università e piccole e medie imprese (PMI) costituisce un esempio preclaro di cooperazione e la qualità e rilevanza degli obiettivi congiuntamente conseguiti è per tutti un esempio su cui riflettere attentamente. Ci si augura di poter presto dire altrettanto per quanto concerne il rapporto, non sempre agevole, con le realtà industriali più grandi e con gli stessi enti pubblici, come le Regioni, chiamate ad un ruolo ben più attivo e propositivo di quanto non si sia

finora verificato. Qualche tempo fa, in occasione dei cinquant'anni trascorsi dal lancio del primo Sputnik (4 ottobre 1957), è stato ricordato come fosse "probabile che sia già nato il primo bambino (o bambina) che camminerà su Marte" (6). Non sappiamo se questo sia proprio così, dato che oggi si tende a procrastinare quella data, prevedendo di giungere sul pianeta rosso non prima del 2080. Tuttavia è certo che già da oggi, molte persone - uomini, donne, bambini - *camminano sulla Terra* e godono di migliori condizioni di salute proprio grazie a quella ricerca spaziale che resta, speriamo per poco, ancora sconosciuta ai più.

RIASSUNTO

L'esplorazione spaziale costringe l'uomo a misurarsi con un ambiente ostile fatto di radiazioni cosmiche, microgravità, alterazioni del campo magnetico. Per portare l'uomo verso Marte si dovranno fare tante scoperte, e far nascere nuove discipline. Grandi ricadute sono attese per la salute. La prima ricaduta sarà quella di far incontrare l'università con il mondo delle imprese, per generare un nuovo modo di far ricerca. Già l'impresa spaziale ha generato uno sguardo nuovo sull'osteoporosi, l'atrofia muscolare e i disturbi del coordinamento motorio. La ricerca ha inoltre prodotto e produce utilities di largo impiego; dal fissatore osseo, alle carrozzelle per i diversamente abili.

I prossimi 5-7 anni di lavoro a bordo della ISS (Stazione Spaziale Internazionale), saranno impiegati a realizzare studi che vanno dalla biologia molecolare all'osservazione diretta sull'uomo e per far sì che nell'attesa del viaggio su Marte (dopo il 2080) dalla collaborazione tra ricercatori e piccole e medie imprese (PMI) si continuino a produrre apparecchiature utili, all'uomo sulla terra.

DICHIARAZIONE DI CONFLITTO DI INTERESSI

L'Autore dichiara di non avere conflitto di interessi.

BIBLIOGRAFIA

1. Lovelock JE. Gaia: nuove idee sull'ecologia. Boringhieri, Torino, 1981; 15.
2. Il campo magnetico (EMF) terrestre concorre, insieme all'atmosfera, a proteggerci dalle radiazioni cosmiche. È verosimile però che intervenga anche ad altri livelli, contribuendo a vincolare il campo morfogenetico delle cellule e dei tessuti. Nello spazio gli esseri viventi sperimentano assenza di campo o valori di campo diversi in relazione alla vicinanza minore o maggiore di altri corpi celesti: quali conseguenze questo possa determinare in seguito a prolungata esposizione sulla fisiologia del vivente è al momento oggetto di mera speculazione anche se un programma di ricerca (GPM, Genomica Proteomica e Metabolomica) avviato dall'Agenzia Spaziale Italiana è rivolto ad investigare tale problematica.
3. Per una review su tali argomenti si veda: Planel H. Space and Life. CRC Press, 2004.
4. Ingber D. How cells (might) sense microgravity. FASEB J 1999; 13 (Suppl.): S3-15.
5. Morey-Holton ER. The impact of gravity on life. In: The evolution on planet earth. Rothschild L, Lister A, ed. New York: Academic Press, 2006; 145-59.
6. Bignami GF. Il Futuro dell'esplorazione spaziale. Le Scienze 2007; 470: 52-3.