

ANNIVERSARI e PROSPETTIVE

A ottobre di quest'anno la comunità scientifica festeggerà i 50 anni¹ dal primo volo dello *Sputnik* ("compagno di viaggio" in russo), miracolo del progetto spaziale sovietico, voluto da quel Sergei Korolev che, dopo aver "sperimentato" il gulag e vinto le diffidenze e gli arbitri prima di Stalin e poi di Krushchev, era riuscito ad imprimere la sua personale e rivoluzionaria visione della ricerca spaziale al granitico sistema sovietico. Di Korolev, sempre quest'anno, si celebra il centenario. E insieme a lui si festeggiano i 150 anni dalla nascita di Tsiolkovsky - il padre dell'astronautica, di cui si tramanda l'aforisma - come ci ricorda Giovanni Bignami su *Le Scienze*² - "la Terra è la culla dell'Umanità, ma non si può sempre vivere nella culla". Sempre quest'anno, alla presenza del Ministro della Ricerca Scientifica, l'Università La Sapienza ha ricordato un altro importante compleanno: gli 80 anni dalla fondazione della Scuola di Ingegneria Aerospaziale Italiana³, realizzata grazie al genio ed alla fatica di scienziati come Gaetano Arturo Crocco, prima, e quindi di Luigi Broglio, scienziato illustre e -come tanti italiani di prestigio- presto dimenticato.

In questo contesto, a due anni dalla sua fondazione, la Società Italiana di Biomedicina e Biotecnologia Spaziali (ISSBB) ha organizzato il suo secondo congresso nazionale, con la presentazione di oltre cento comunicazioni, distribuite nell'ambito dei più diversi progetti di ricerca, la maggior parte dei quali sviluppati con il concorso dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), non di rado in collaborazione con la NASA o con l'ESA.

La qualità dei lavori e il tasso di partecipazione riflettono la nuova sensibilità e il rinnovato interesse che la comunità scientifica nazionale rivolge da alcuni anni allo Spazio, ben consapevole delle opportunità che tale prospettiva dischiude in termini di ricadute tecnologiche, di avanzamento della ricerca di base e di sviluppo economico

¹ 4 ottobre 1957

² G.F. Bignami, Tra passato e futuro, *Le Scienze*, 2007, 463: 37.

³ La Scuola di Ingegneria Aerospaziale venne istituita nel 1926, inizialmente come Scuola di Ingegneria Aeronautica, operativa in stretta connessione con il Centro Studi ed Esperienze di Guidonia. Negli anni '60 la Scuola si tramutò in Scuola di Ingegneria Aerospaziale e grazie al genio ed alle realizzazioni di Luigi Broglio si è imposta da subito da protagonista sullo scenario internazionale, portando a compimento, in pochi anni e con scarsi mezzi, il Progetto San Marco, il Poligono omonimo in Kenia (Malindi) e il Centro Ricerche Aerospaziale. Grazie a Broglio l'Italia lancia nel 1964 il suo primo satellite ed è sorprendentemente terza, dopo URSS e USA, nella corsa allo spazio. A dispetto dei conflitti gestionali che hanno visto l'ASI opporsi all'Università La Sapienza, e nonostante che nel corso degli ultimi quindici anni il patrimonio tecnologico ed industriale italiano sia stato svenduto ad altri paesi, la base di Malindi - ribattezzata Centro Spaziale Luigi Broglio - è tuttora attiva e fornisce supporto a numerose missioni internazionali (progetto Ariane e primo volo umano cinese). Sulla vicenda umana e scientifica di Luigi Broglio si veda l'istruttivo testo di G. Di Bernardo Nicolai, *Nella nebbia, in attesa del sole*, Di Renzo Ed., Roma, 2005.

È sotto tale profilo che acquista significato il richiamo fatto in epigrafe a precursori illustri come Tsiolkovsky o Broglio, che per primi compresero quanto importante fosse il dotarsi di una politica, di una tecnologia e di un sistema d'impresa scientifica che consentisse l'esplorazione dello spazio. La strategia spaziale torna infatti prepotentemente al centro delle scelte politiche ed economiche dei paesi occidentali, diventa matura nei programmi delle potenze asiatiche (India e Cina) ed infine viene sostenuta - è questo l'elemento più sorprendente - nel contesto delle scelte di lungo respiro di nazioni emergenti (Brasile, Argentina, Iran) che per la prima volta si affacciano alla ribalta. Questa nuova corsa verso lo spazio (*race to space*) trae certo alimento da esigenze di ordine economico e militare ma, altro fatto di rilievo, per la prima volta vede le esigenze di ordine strettamente strategico collocarsi in secondo piano rispetto ad esigenze di carattere più generale, molte delle quali toccano da vicino temi di ordine squisitamente scientifico.

Dopo le dichiarazioni della Casa Bianca del 2004, gli obiettivi prioritari della NASA sono venuti delineandosi con inequivocabile chiarezza: ritorno sulla Luna entro il 2020 - con costruzione di una base abitata - e conquista di Marte per il 2025-2030. Il progetto comporta due importanti corollari: a) abbandono dello Shuttle - in attesa di costruire un nuovo trasporto - e della costruzione della ISS (*International Space Station*), che, una volta ceduta a Russi ed Europei, continuerà ad essere utilizzata pressoché esclusivamente per progetti scientifici; b) ridefinizione dei programmi di *Life Science* e di *low gravity*, per consentire agli astronauti viaggi e permanenze protratte (6 - 30 mesi) nello spazio.

La svolta impressa dall'amministrazione USA ha preso in contropiede i vertici accademici e i dirigenti della NASA che si sono scontrati ad una considerevole serie di difficoltà, prima tra tutte quella di dover coniugare gli obiettivi (tanti) con i mezzi (pochi) messi a disposizione. La drastica riduzione del budget previsto inizialmente ha infatti seriamente compromesso non solo la possibilità di dare risposta ai circa 450 "quesiti urgenti" puntigliosamente elencati in un recente rapporto del *Johnson Space Center*⁴, rendendo impossibile lo sviluppo "di [nuove] tecnologie e la messa a punto di contromisure fisiologiche e psicologiche", ma soprattutto ha creato una situazione per la quale "neither the necessary research infrastructures nor the necessary communities of scientific investigators can survive or be easily replaced", e pertanto: "1) the risks of eventually sending humans to Mars will be enormously increased; 2) there will be significant difficulty in maintaining long-term human installations on the Moon and 3) an entire generation of space biologists will be lost, thus profoundly impacting the human space exploration program"⁵.

Non è solo la mancanza di fondi adeguati a rendere improbabile il conseguimento degli obiettivi scientifici, ma altresì la drammatica esiguità di occasioni di volo disponibili e l'insufficienza dei progetti attualmente operativi sulla ISS. Con l'eccezione delle ricerche inerenti l'integrazione sensoro-motoria e le problematiche di ordine comportamentale, la maggior parte degli studi statunitensi sono infatti ancora *ground-based* e spesso basati su modelli e paradigmi inconcludenti. L'analisi critica, recentemente aggiornata da una serie di

⁴ *Human Research for Space Exploration*, Rapporto dell'11.1.2007 di N.R. Pellis, Ass. Dir. of Space Life Science NASA, http://www.nasa.gov/pdf/168738main_AIAA_2007_ISSHumanResearch.pdf.

⁵ *An assessment of balance in NASA's science programs*, Natl. Acad. Press, 2006, New York, p. 27.

relazioni svolte dal *National Space Biomedical Research Institute (NSBRI)*⁶, mette impietosamente in evidenza ulteriori carenze: le indagini psicofisiologiche sono ancora lungi dall'essere coordinate e pianificate in modo razionale; le ricerche volte a definire contromisure efficaci sono ancora agli esordi; del tutto insoddisfacente è l'utilizzo della ISS e soprattutto dei dati (spesso difficilmente acquisibili dai ricercatori) clinico-biologici ottenuti sugli astronauti in volo o nel corso del monitoraggio post-volo; infine, ma non per questo meno importante, il sostegno allo sviluppo delle bio e nano-tecnologie (biosensori, densitometri ossei portatili, strumentazioni sanitarie e radiologiche, sistemi di orientamento e di ricostruzione ambientale artificiali) è drammaticamente in ritardo e necessità di una appropriata politica di sostegno.

La criticità implicita nella disanima onestamente argomentata dalla NASA è tanto più desolante qualora la si metta a raffronto con l'iperbolico tenore dei programmi che fissano per il 2030 la colonizzazione del pianeta rosso e finisce con il conferire, per riflesso, un valore assolutamente strategico alla ricerca biomedica spaziale che viene svolta nell'Unione Europea, partner privilegiato e, a questo punto, necessariamente indispensabile degli USA. Sia per qualità che per dimensioni dell'impegno finanziario previsto dall'ESA e dalle diverse agenzie spaziali europee, il contributo che può oggi venire dalla UE alla risoluzione di quesiti biomedici strategici, deve considerarsi assolutamente determinante ai fini della realizzazione delle preannunciate missioni umane sulla Luna e su Marte. L'ESA ha per questo unificato i progetti *Human Space Flight Research and Applications* con *Aurora* nel nuovo *PB-Human Space Flight Microgravità and Exploration* e continua a sostenere il progetto *Elips2* per un totale di 161,3 MEuro, di cui 22 in quota Italia. Si è appena conclusa la *Long Duration Mission*, mentre due nuove opportunità sono previste per ottobre (missione *Columbus*) ed agosto (missione STS 120-10 A Nodo2, con a bordo l'astronauta italiana Nespoli). Infine, grazie a *Mars 500*, una spedizione di durata non inferiore ai 500 giorni, si prevede di poter realizzare a bordo della ISS tutta una serie di importanti esperimenti, finora inediti.

In questo scenario, il ruolo attualmente assunto dalla ricerca italiana è tutt'altro che secondario, come peraltro ampiamente riconosciuto dai *partners* internazionali.

Vale la pena di sottolineare come la biomedicina spaziale italiana - dopo anni di stasi relativa - occupi oggi sullo scenario internazionale una posizione di assoluto rilievo e di riconosciuto prestigio. Sia per l'entità delle risorse dedicate - circa 100 milioni di € per il triennio 2006-2009 - sia per la specificità dei temi affrontati ed incardinati nel contesto di una programmazione pluriennale. A fianco di progetti operativi e conclusi da tempo (FOE, ALTEA, HPA, Photon), i tre maxiprogetti - OSMA, DCMC e MoMa - sono ormai al secondo anno di vita, mentre GPM, cellule germinali, Elite S2 CAB sono stati parzialmente finanziati. Altri sono stati appena completati (Naso elettronico) o sono in dirittura d'arrivo (stress cognition, virtual reality, WHOS) per quanto riguarda l'istruttoria interna.

Per quanto concerne l'ambito della fisiologia dell'osso e del muscolo (progetto OSMA) - considerata in relazione allo specifico ambiente microgravitativo - la comunità scientifica nazionale ha concentrato i suoi sforzi sui meccanismi molecolari - genomici e proteomici - implicati nei processi differenziativi e degenerativi. Come peraltro già rilevato in occasione

⁶ <http://www.nsbri.org/Research/index.html>

del I° convegno della ISSBB, grande attenzione è rivolta alle vie di segnale intra- ed inter-cellulari - e i geni attivati in condizioni di microgravità (particolarmente importanti le ricerche condotte in tal senso da M. Capelli e soprattutto dal gruppo di R. Cancedda), mentre sempre maggiore interesse viene rivolto a caratterizzare l'assetto proteomico e la variazione di questo in risposta alle modifiche della gravità (si vedano al riguardo i contributi di M. Meriggi, di R. Bottinelli e di P. Volpe). Nell'ottica di nuovi modelli sperimentali, che integrino le esigenze di ordine analitico con la necessità di disporre di paradigmi più aderenti alla realtà del contesto biologico, concepito anche nelle sue valenze architettoniche e spaziali, si muovono i progetti di studio in 3-D (gruppo di G. Fanò, di R. Cancedda e A. Zallone), di nuove simulazioni sperimentali (come quelle ideate dal gruppo di R. Cancedda per studiare su animali, *in vivo*, le implicazioni della microgravità) e quelli che sempre più si avvalgono di nanotecnologie sofisticate (si veda lo studio di F. Naro e N. Cacciani). L'impostazione privilegiata dalla ricerca italiana ha prodotto risultati brillanti ed assolutamente originali, particolarmente per quanto riguarda la delucidazione delle vie di segnale che coinvolgono l'AKT-FOXO e l'AKT/PKB (studiati dal gruppo di S. Schiaffino) e la PKC-Theta (studiata dal gruppo di M. Molinaro), vero e proprio crocevia di numerosi percorsi regolatori anabolici e catabolici. Nel settore osseo sono stati effettuati studi sia in microgravità simulata (A. Teti), che reale, sul FOTON M2. Questi ultimi dati sono in corso di analisi e sono preliminarmente presentati nel convegno dal prof. R. Cancedda. Studi sui meccanismi dell'apoptosi sono presentati da S. Colucci e colleghi., mentre il gruppo di P. Manduca si interessa del rimodellamento della matrice ossea ad opera delle metalloproteasi, in condizioni di carico meccanico alterato (tail-suspended mice). Proseguono le ricerche già in precedenza avviate, inerenti il ruolo dell'ossitocina nella differenziazione e sviluppo dell'osso (studi del gruppo di A. Zallone). Il ruolo sostenuto da effettori dello stress ossidativo viene indagato da alcune unità (si vedano i contributi assolutamente innovativi prodotti da L. Dalla Libera e dai gruppi coordinati nell'ambito dell'Istituto Interuniversitario di Miologia).

Questo è invero un tema estesamente affrontato nel contesto del progetto MoMa, con particolare riguardo agli aspetti correlati al metabolismo lipidico (si vedano gli studi condotti dal gruppo di G. Perrella), anche grazie agli esperimenti recenti conseguiti nel corso della missione Eneide, fortemente voluta dalla regione Lazio, e portati a termine dal gruppo di B. Berra. Il danno ossidativo rientra ovviamente tra quelli indotti da radiazioni cosmiche (si veda il contributo di T. Santini), tema su cui il progetto continua ad impegnarsi attivamente. Numerosissimi sono i contributi al riguardo: dalle conseguenze sulla crescita di modelli embrionali (studi di V. Matranga), sulla elongazione dei telomeri nei fibroblasti (ricerche di F. Belardinelli), sulla risposta delle cellule linfoblastoidi (M. Grifalconi), sui markers tessuto-specifici di esposizione (V. Lanza) e sulla risposta cromosomica (D. Sallustio) e genomica complessiva dopo esposizione a radiazioni (si vedano gli studi dei gruppi di G. Musumarra e di F. Antonelli). Particolare enfasi viene posta sulle conseguenze immunologiche della esposizione a radiazioni, valutata sia *in vitro* (C. Scottà), sia *in vivo*, studiando le interazioni ospite-virus nel topolino (O. Sthandier). Infine, i numerosi contributi presentati dal gruppo di M. Durante, prendono in considerazione le possibilità concrete di ottenere una protezione efficace, ricostruendo una simulazione relativa all'insediamento sotterraneo previsto sulla Luna e presentando i dati preliminari del

progetto "COUNT" inerente le contromisure previste per schermarsi dalle radiazioni ionizzanti.

Nuovi risultati vengono presentati sfruttando le opportunità offerte dal paradigma della senescenza, verso cui l'esposizione congiunta a condizioni di microgravità ed accentuato danno ossidativo sembrano indirizzare la vita cellulare nello spazio. Comunicazioni in tale senso sono quelle preparate dai gruppi di studio di G. Galleri (analogie tra senescenza ed esposizione a microgravità nelle cellule T) e di R. De Mattia (che ha studiato come i processi di senescenza "indotti" da microgravità possano implicare un coinvolgimento dei sistemi di riparazione del DNA). Il gruppo del prof. E. Ziparo (inerente il ruolo di c-FLIP nei processi di morte programmata delle cellule germinali esposte a microgravità) e di R. Sgarra (relativo ai fattori trascrizionali deputati alla organizzazione cromatinica) riguardano l'importante tema dell'apoptosi.

Sempre molto rappresentato è il filone degli studi su organismi unicellulari e invertebrati microscopici (come i tardigradi) esposti a radiazioni cosmiche. Questi studi hanno potuto beneficiare delle opportunità offerte dalla missione Foton M2 e, soprattutto per merito di M.T. Giardi, si sono tradotti in preziose informazioni pertinenti l'attivazione della fotosintesi (innescata dalle radiazioni), sulle condizioni di crescita delle piante come l'*Echinacea a.* (A. Bertoli), *Chlamidomonas r.* (G. Rea) o sulle modalità di resistenza dei tardigradi al viaggio spaziale (ricerche condotte dai gruppi di L. Ribecchi e di C. Ricci).

Il progetto di studio sulla coordinazione sensorio-motoria in corso di ipogravità (DCMC) presenta pregevoli contributi pertinenti la fisiologia cardiaca (ricerche dei gruppi di C. Cappelli e di G. Forte), respiratoria (G. Miserocchi) e soprattutto sul controllo neuromotorio (lavori di F. Pacelli, F. Posteraro e C. Casellato). Assolutamente originali i lavori presentati da I. Carpené, da E.L. Santarcangelo e dal gruppo di M.G. Marciari, volti a studiare come differenti stati mentali (indotti da ipnosi o modificati durante esperimenti di sospensione gravitaria) possano incidere sull'esecuzione di compiti e funzioni motorie e cognitive semplici e complesse. È questa una nuova frontiera che diversi membri del *team* coordinato da F. Lacquaniti stanno esplorando con cautela e spirito d'avventura, consapevoli di come *performances* diverse possano essere assegnate a differenti stati mentali, elicitati tra l'altro da un cambiamento delle afferenze sensoriali e propriocettive.

Infine il volume ospita contributi diversi, alcuni inquadrati nei nuovi progetti ASI, che spaziano dalle nuove applicazioni della metabolomica-proteomica (gruppo di A. Laganà) alle nanotecnologie (si vedano gli interessantissimi lavori presentati da S. D'Auria sui biosensori). Particolarmente rilevanti sono i risultati che vengono proposti in tema di agrobiotecnologie (lavori dei gruppi di F. Canganella e di F. Migliaccio). È indubbio che tali questioni assumeranno con gli anni un rilievo di assoluta centralità quando si tratterà di definire nel concreto le condizioni di abitabilità sulle basi extra-terrestri e i fabbisogni nutrizionali dei primi "coloni".

Siamo convinti che il nuovo corso della ricerca biomedica italiana potrà e saprà concorrere in modo significativo a dare risposta ai tanti quesiti che l'esplorazione dello spazio pone oggi come imprescindibili se si vuole davvero conseguire gli obiettivi prefissati. 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 e dalle piccole ma dinamiche realtà che, soprattutto in alcune facoltà del Meridione, danno prova di grande inventiva e vitalità. Anche per questo, l'aver organizzato il congresso a Bari costituisce il segno visibile di come in ambito accademico qualità e risorse vadano dislocandosi secondo geometrie che non rispettano più quelle tradizionali, ma riflettono realtà e capacità fino a poco fa insospettate.

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 di cooperazione e la qualità e rilevanza degli obiettivi congiuntamente conseguiti è per tutti un modello 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 - sull'esempio di quanto realizzato dal Lazio - ad un ruolo ben più attivo e propositivo di quanto non si sia finora verificato. Su questo occorrerà probabilmente spendersi perché cultura ed educazione sappiamo valorizzare e facciano finalmente propri i grandi successi e traguardi che, a partire da quella fatidica data del 4 ottobre 1957 - tra trepidazione, entusiasmi e tante sofferenze - sono stati colti dall'Uomo.

Mariano Bizzarri

Università *La Sapienza* - Roma

Segretario Generale *Italian Society for Space Biomedicine and Biotechnology*