

LA CORSA ALLO SPAZIO. Lo sviluppo tecnico - Dott. Luciano Anselmo

Prendendo spunto dal primo volo di Yuri Gagarin del 12 aprile 1961 è interessante ripercorrere la storia delle missioni spaziali dal punto di vista tecnico, per evidenziare come già nei primi anni dei voli umani siano state messe a punto tecnologie e accorgimenti che ancora oggi, dopo 50 anni, sono in gran parte utilizzati. L'impresa costituita dal primo viaggio nello spazio è talmente articolata e complessa da non poter essere identificata da singole personalità, così come per gli sviluppi tecnici successivi. Tuttavia, in ogni impresa umana di dimensioni globali si possono riconoscere dei leader che con le loro capacità e il loro carisma sono stati in grado di risolvere particolari problemi tecnici e promuovere il loro lavoro presso il potere politico, in genere poco propenso a investire grandi risorse economiche e umane per scopi scientifici.

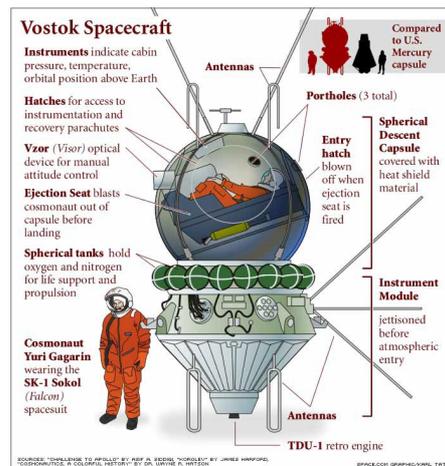
Sergey Korolyov (1907-1966) può sicuramente essere considerata la personalità di spicco della cosmonautica sovietica degli anni '50-'60, il geniale e infaticabile artefice dei ripetuti exploit in campo spaziale che costrinse gli USA a un affannoso inseguimento, culminato nel programma lunare Apollo. Vittima delle purghe staliniane e internato in un gulag in Siberia, ebbe salva la vita grazie all'interessamento del progettista aeronautico Andrej Tupolev, il quale aveva grande stima di Korolyov, e fu riabilitato dopo la seconda guerra mondiale. Capo del programma spaziale sovietico, sviluppò il potente razzo R7 Semyorka, con un carico utile di circa 5 tonnellate, che decretò gli iniziali primati spaziali sovietici, dallo Sputnik 1 al volo di Gagarin e missioni successive. È questo sostanzialmente il vettore che ancora oggi, in versione potenziata, lancia le sonde russe verso la Stazione Spaziale Internazionale.

Il panorama USA appare più variegato, non essendoci una figura preminente alla Korolyov, e troviamo diversi personaggi importanti: l'ingegnere aeronautico **R.R. Gilruth** (1913-2000) diresse il programma spaziale umano fin dal 1958, **M.A. Faget** (1921-2004) progettò la forma delle capsule spaziali americane fin dal programma Mercury e **C.C. Kraft** (1924).

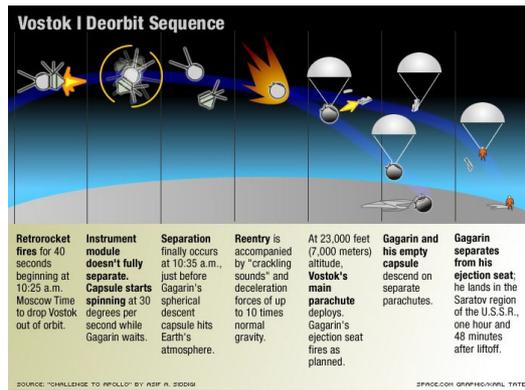
Come spesso accade in altri settori della ricerca, anche nei voli spaziali l'uomo fu preceduto da animali utilizzati allo scopo di testare il nuovo ambiente. Dopo la seconda guerra mondiale, varie forme animali vennero messe a bordo di razzi V2 modificati nel tentativo di recuperarli dopo un breve volo suborbitale. Sfortunato fu il volo del primo essere vivente superiore, una scimmia Rhesus di nome Albert II, lanciata su una V2 il 14 giugno 1949 che però non venne recuperata viva. Sorte analoga incontrò la protagonista del primo volo orbitale, la cagnetta Laika, lanciata sullo Sputnik 2 il 3 novembre 1957. Esiti migliori ebbero i lanci successivi: le scimmie Able & Baker (28-05-1959), le cagnette Belka & Strelka (19-08-1960) e lo scimpanzè Enos (29-11-1961).

La posta in gioco era tuttavia la messa in orbita di navicelle con esseri umani a bordo: USA e URSS partirono infatti nel 1958 con la selezione dei candidati tra i piloti dell'aviazione. La lista americana degli astronauti comprendeva i "magnifici 7" del programma Mercury, piloti laureati non giovanissimi e con grande esperienza da collaudatori, i sovietici scelsero invece 20 cosmonauti di età media inferiore ai 30 anni.

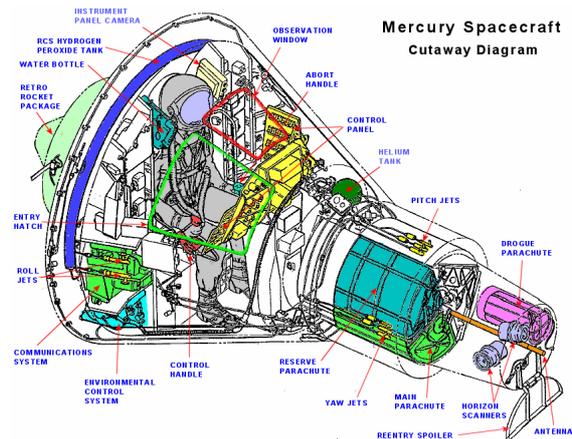
Per il primo volo umano della storia a bordo della Vostok 1 il 12 aprile 1961, la scelta di **Yuri Gagarin** venne effettuata quattro giorni prima del decollo e comunicata al prescelto soltanto due giorni prima.



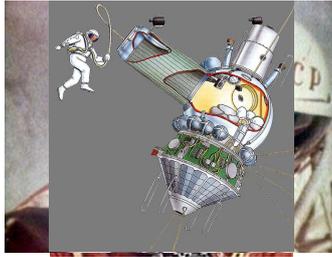
La navicella aveva una massa di circa 5 tonnellate e conteneva nel suo insieme soluzioni tecniche innovative. Era costituita da due elementi: quello superiore, di forma sferica, era l'alloggiamento pressurizzato del cosmonauta, quello inferiore, a forma di doppio cono, conteneva i dispositivi necessari alla navigazione e alla sopravvivenza del passeggero. Tutte le apparecchiature vitali della capsula erano duplicate tranne una: il motore di rientro. In caso di avaria, la navicella sarebbe stata frenata aerodinamicamente dagli strati atmosferici e sarebbe atterrata naturalmente dopo circa 12 giorni. A bordo erano quindi stivate scorte sufficienti di viveri per il cosmonauta, che per tutta la durata del volo non aveva alcuna possibilità di apportare variazioni di rotta, in quanto era tutto diretto dal centro di controllo a terra.



Fin dall'inizio del programma spaziale, il rientro della navicella fu previsto avvenisse sul suolo sovietico. Costituiva una fase abbastanza traumatica, in quanto il blocco sferico si staccava ad alta quota, attraversava gli strati più densi dell'atmosfera e il cosmonauta, con le spalle rivolte verso la direzione di marcia e soggetto a una forza pari a nove volte quella della gravità terrestre, veniva eiettato con il seggiolino e arrivava a terra con il paracadute.



I progettisti americani svilupparono invece la Mercury, una capsula di forma conica, più piccola (1,3 tonnellate) della Vostok ma estremamente sofisticata. Anch'essa non poteva modificare la propria orbita, ma gli astronauti americani avevano la possibilità di manovrare il controllo di assetto. La Mercury veniva lanciata da un vettore Atlas, meno potente rispetto al Semyorka sovietico. Il motivo di questa differenza nella potenza di lancio tra le due potenze risiedeva essenzialmente su motivi strategico-politici. A differenza dei rivali d'oltre cortina, i tecnici USA erano riusciti nell'intento di miniaturizzare le bombe del loro arsenale atomico e quindi per un eventuale lancio verso il territorio sovietico non era necessario un missile balistico di grande potenza. Il programma Mercury durò dal maggio 1961 al maggio 1963. Da parte sovietica ovviamente continuò il programma Vostok, fino al giugno 1963, seguito dal programma Voskhod (ottobre 1964 – marzo 1965) costellato da una serie di primati incredibili: la prima donna nello spazio (Valentina Tereshkova - 16 giugno 1963), il primo volo di un equipaggio multiplo, vari record di durata e la prima "passeggiata" spaziale (Leonov - marzo 1965)



Seppur limitati dalla ridotta potenza di lancio dei loro razzi vettori, gli americani risposero con l'ambizioso programma Gemini (marzo 1965 - novembre 1966) che aveva lo scopo di testare soluzioni tecnologiche innovative e tutta una serie di manovre orbitali necessarie ai viaggi umani verso la Luna. Il varo di questo programma segnò una inversione di tendenza: dalla metà degli anni '60 il programma spaziale americano non solo riconquistò il terreno perduto nei confronti della controparte sovietica, ma prese il sopravvento fino al raggiungimento dell'obiettivo fissato nel 1961 da J.F. Kennedy. Il programma Apollo (1968-1972) vide infatti nove missioni verso la Luna, con l'allunaggio di 12 astronauti.

Da qualche anno l'esclusiva elite delle potenze spaziali annovera un nuovo iscritto: la Cina. La potenza asiatica sta infatti gradualmente e inesorabilmente ripercorrendo, con successo, le tappe seguite negli anni '60-'70 da sovietici e americani.

I primi cosmonauti sovietici (20 febbraio 1960)

N. Anikeev (27)	espulso nel 1963 per screzi con la milizia
P. I. Belyayev (34)	Voskhod 2 (1965)
V. V. Bondarenko (23)	morto il 23-03-1961 per un incidente durante test medici
V. F. Bykovsky (25)	Vostok 5 (1963), Soyuz 22 (1976), Soyuz 31 (1978)
V. I. Filatyev (30)	espulso nel 1963 per screzi con la milizia
Y. A. Gagarin (25)	Vostok 1 (1961); morto in un incidente aereo il 27-03-1968
V. V. Gorbatko (25)	Soyuz 7 (1969), Soyuz 24 (1977); Soyuz 37 (1980)
A. Ya. Kartashov (27)	fallito un test alla centrifuga, lascia il gruppo nel 1962
Y. V. Khrunov (26)	Soyuz 5 (1969)
V. M. Komarov (32)	Voskhod 1 (1964); morto il 24-04-1967 nel rientro della Soyuz 1
A. A. Leonov (25)	Voskhod 2 (1965); Soyuz 19/ASTP (1975)
G. G. Nelyubov (25)	espulso nel 1963 per screzi con la milizia
A. G. Nikolayev (30)	Vostok 3 (1962), Soyuz 9 (1970)
P. R. Popovich (29)	Vostok 4 (1962), Soyuz 14 (1974)

M. Z. Rafikov (26)	espulso nel 1962 per assenza ingiustificata dal servizio
G. S. Shonin (24)	Soyuz 6 (1969)
G. S. Titov(24)	Vostok 2 (1961)
V. S. Varlamov (25)	incidente alle vertebre del collo nel 1960, lascia nel 1961
B. V. Volynov (25)	Soyuz 5 (1969), Soyuz 21 (1976)
D. A. Zaikin (27)	lascia il gruppo nel 1969 per problemi medici

I primi astronauti americani (9 aprile 1959)

M. S. Carpenter (34)	Mercury-Atlas 7 (1962)
L. G. Cooper (32)	Mercury-Atlas 9 (1963), Gemini 5 (1965)
J. H. Glenn (38)	Mercury-Atlas 6 (1962), STS-95 (1998)
V. I. Grissom (33)	Mercury-Redstone 4 (1961), Gemini 3 (1965), morto sull'Apollo 1 (1967)
W. M. Schirra (36)	Mercury-Atlas 8 (1962), Gemini 6 (1965), Apollo 7 (1968)
A. B. Shepard (36)	Mercury-Redstone 3 (1961), Apollo 14 (1971)
D. K. Slayton (35)	Apollo Soyuz Test Project (1975)

Le Tappe del Volo Spaziale Umano

	URSS	USA	CINA
1°volo orbitale	12-04-1961	20-02-1962	15-10-2003
1°volo sub-orbitale	05-04-1975	05-05-1961	---
1°volo di 1 giorno	06-08-1961	15-05-1963	15-10-2003
1°volo di due navicelle	12-08-1962	15-12-1965	---
1° donna in orbita	16-06-1963	18-06-1983	---
Volo solitario più lungo	5 giorni(1963)	3 giorni(1972)	1 giorno (2003)
1°equipaggio multiplo	12-10-1964	23-03-1965	16-10-2005
1° passeggiata spaziale	18-03-1965	03-06-1965	27-09-2008
1°volo di 1 settimana	26-12-1973	29-08-1965	---
1°volo in formazione	14-10-1969	15-12-1965	---
1°volo di 2 settimane	19-06-1970	18-12-1965	2012
1°aggancio	16-01-1969	16-03-1966	2012
1°volo translunare	---	21-12-1968	---
1°trasferimento	16-01-1969	07-03-1969	2012
1°allunaggio	---	20-07-1969	---
1° stazione spaziale	19-04-1971	14-05-1973	2011

L'aspetto umano - Dott. Gianfranco Durante

Fin dagli esordi, l'avventura spaziale ha conosciuto esaltanti successi ma è stata anche funestata da tragici incidenti:

- 27 gennaio 1967: tre astronauti della missione Apollo 1 (Grissom, White, Chaffee) muoiono nell'incendio del modulo di comando durante un'esercitazione al Kennedy Space Center
- 24 aprile 1967: il cosmonauta sovietico Komarov muore nella Soyuz 1 al rientro sulla Terra

- 29 giugno 1971: altri tre cosmonauti sovietici perdono la vita a bordo della Soyuz 11, sempre al rientro a Terra, per la depressurizzazione della capsula
- 28 gennaio 1986: lo Space Shuttle “Challenger”, con sette astronauti a bordo, esplose 73 secondi dopo il lancio
- 1 febbraio 2003: altri sette astronauti periscono a bordo dello Shuttle “Columbia”, che si disintegra nella fase di rientro a 60 km di quota sul cielo del Texas.

La scienza ha permesso all’umanità non solo di volare ma di sopravvivere e, successivamente, di vivere e lavorare in relativa sicurezza nello spazio. I problemi da affrontare sono stati molteplici e hanno riguardato le principali differenze tra ambiente terrestre e ambiente spaziale: l’atmosfera, le radiazioni e la gravità.

Nel passaggio graduale tra **atmosfera** e spazio si possono identificare alcune altezze caratteristiche:

- limite delle respirazione (13 km): massima altezza per la respirazione di ossigeno con maschera a pressione
- limite atmosferico (15 km): è la tropopausa, che delimita la parte di atmosfera più vicina alla superficie terrestre, la troposfera, nella quale avvengono i fenomeni meteorologici. Inizia la stratosfera.
- limite fisiologico (20 km): oltre il quale è necessario indossare una tuta spaziale o utilizzare un veicolo spaziale
- limite aerodinamico (80 km): è la zona di Von Karman, dove si perde il controllo aerodinamico e le ali non servono più
- limite meccanico (200 km): la resistenza dell’aria diventa trascurabile.
- limite di collisione (700 km): inizia lo “spazio vuoto”, dove non avvengono collisioni tra le molecole

A causa dell’assenza di atmosfera, nello spazio vi sono variazioni estreme di temperatura per cui occorre proteggersi con un adeguato veicolo spaziale e/o con una tuta spaziale.

Nelle capsule Gemini e Apollo la pressione dell’aria all’interno della cabina, costituita da ossigeno puro, era un terzo di quella atmosferica, per cui l’equipaggio doveva respirare ossigeno puro nelle tre ore precedenti il lancio allo scopo di eliminare l’azoto dal sangue ed eliminare il rischio di embolia gassosa. Nelle tute spaziali per l’EVA (attività extraveicolare) la pressione si riduceva ulteriormente a un quinto.

Nello Skylab la pressione era sempre la stessa, tuttavia l’aria era costituita da ossigeno al 70% e da azoto al 30%. Soltanto a partire dallo Space Shuttle composizione e pressione dell’aria diventeranno simili a quelle sulla Terra. Permane la differenza per le tute da attività extraveicolare, che comporta quindi una complessa preparazione. Sulla Stazione Spaziale Internazionale la pressione delle tute EVA è di poco superiore alla metà di quella atmosferica. A bordo delle sonde sovietiche, al contrario, l’aria nell’abitacolo era simile a quella atmosferica fin dalla prima missione di Gagarin.

Sulla superficie terrestre siamo protetti dallo scudo naturale dell’atmosfera e del campo magnetico, ma lo spazio esterno è permeato da varie forme di **radiazioni**. Raggi cosmici galattici (principalmente protoni e particelle alfa), il vento solare (costituito da protoni, elettroni e altre particelle emesse alla velocità di 500 km/sec), e i brillamenti solari (protoni ad alta energia che viaggiano a velocità prossima a quella della luce) sono i principali pericoli a cui sono esposti gli astronauti.

L'effetto delle radiazioni sulle cellule e sui cromosomi è cumulativo, quindi è importante sapere quale è la dose sopportabile dal nostro organismo e quella effettivamente assorbita nel corso della vita. Esistono tabelle comparative tra diversi tipi di esposizione a radiazioni, che dipendono dal luogo in cui viviamo, dal lavoro che svolgiamo e da eventi imprevedibili, come dimostra la recente fuga radioattiva dalle centrali nucleari giapponesi. A bordo della Stazione Spaziale è installato un manichino che, attraverso vari dosimetri che simulano gli organi interni, misura la quantità di radiazioni assorbite.

L'effetto che per vari aspetti è il più stravolgente durante il volo spaziale è quello dell'assenza di gravità o, più propriamente, della **microgravità**. È la condizione che si crea nell'equilibrio tra la forza di gravità terrestre e la forza centrifuga indotta dalla velocità orbitale del veicolo spaziale, circa 27000 km/h.

Questa condizione è irripetibile sulla Terra nella sua interezza, ma può soltanto essere simulata con vari sistemi quali per esempio l'addestramento in grandi piscine o il volo parabolico. Quali sono gli effetti della microgravità sul corpo umano?

Innanzitutto si misurano **variazioni antropometriche**: l'altezza aumenta di 6-8 cm oltre il valore più alto rilevato sulla Terra al mattino appena svegli, la massa corporea diminuisce dell'8% circa e cambia la postura in condizioni di rilassamento.

Notevoli sono gli effetti della microgravità sul **sistema cardiovascolare**. A questo proposito, la prima conseguenza da rilevare nel volo spaziale è la redistribuzione dei liquidi interstiziali, cioè quelli non contenuti nei vasi sanguigni e nelle cellule. In condizioni terrestri essi sono concentrati soprattutto verso gli arti inferiori, ma a bordo della navicella il cuore li distribuisce in tutto il corpo, determinando un assciugamento delle gambe ("bird legs") e un rigonfiamento del viso ("puffy face").

Tutti questi processi influiscono ovviamente sul **cuore**. Il rapido aumento del volume dei liquidi in circolo genera un iniziale aumento delle cavità cardiache e successivamente una loro riduzione. Lo smaltimento dei liquidi in eccesso da parte dei reni fa sì che si arrivi a una diminuzione del volume circolante che, unitamente all'atrofia muscolare, implica una ridotta attività per il cuore il quale diminuisce di dimensioni. Al rientro a terra, gli astronauti devono essere assistiti in quanto il ripristino immediato delle condizioni iniziali provoca un decondizionamento cardiaco e una intolleranza ortostatica. Le contromisure adottate nello spazio consistono in una dieta ricca di sali, un aumento dell'assunzione di liquidi e allenamento con un dispositivo che simula le condizioni al rientro.

Per quanto riguarda il **sangue**, una condizione particolare che si verifica in condizioni di microgravità è il verificarsi della cosiddetta "anemia dello spazio". Questo avviene poiché in orbita l'ematocrito (percentuale di globuli rossi rispetto al plasma) rimane inalterato, e la diminuzione del volume del plasma circolante implica una minore produzione di globuli rossi. Le conseguenze di questa anemia sono una diminuita produzione di eritropoietina, l'ormone che produce i globuli rossi, una diminuzione del volume plasmatico, la riduzione del consumo di ossigeno da parte dei muscoli e una minore capacità produttiva del midollo osseo.

L'**apparato muscolare** umano è formato da circa 700 muscoli che costituiscono il 50% del nostro peso. Essi hanno la funzione di contrarsi e si distinguono tre tipi: i muscoli scheletrici appaiono striati e sono volontari, i muscoli lisci costituiscono le pareti dell'apparato digerente, dei bronchi e dei vasi sanguigni e il muscolo

cardiaco, anch'esso striato ma involontario. In condizioni di microgravità si manifesta l'atrofia muscolare soprattutto a carico dei muscoli antigravitari, cioè quelli che mantengono la posizione contrastando la gravità. A gravità zero la massa muscolare diminuisce, le fibre muscolari a contrazione lenta (tipo I, molto vascolarizzate) si trasformano in fibre muscolari a contrazione rapida (tipo II), la resistenza dei muscoli diminuisce e si manifesta una diminuita capacità di utilizzare i grassi e quindi una maggiore dipendenza dai carboidrati come fonte di energia. Per contrastare questi effetti è necessario un esercizio fisico costante anche in orbita, una dieta ricca di aminoacidi e la riduzione dello stress per limitare la produzione di cortisolo, l'ormone causa dell'atrofia muscolare.

Anche il **metabolismo osseo** subisce uno spiacevole effetto in condizioni di microgravità. Il nostro tessuto osseo è soggetto a un continuo processo di distruzione, a causa di cellule chiamate osteoclasti, e di rinnovamento, grazie a cellule chiamate osteoblasti, sotto il controllo dei nostri ormoni. I voli spaziali di lunga durata hanno inequivocabilmente dimostrato una progressiva rarefazione del tessuto osseo, reversibile dopo il ritorno a terra. Sulla Terra l'osso cresce in lunghezza, diametro e massa mentre in orbita cresce meno in diametro e soprattutto vi è una aumentata eliminazione di calcio con le urine. In definitiva, in un mese gli astronauti perdono 1-2% della massa ossea. Le contromisure necessarie sono ancora l'esercizio fisico e l'assunzione di farmaci per combattere l'osteoporosi.

Il **sistema neurosensoriale** entra pesantemente in gioco nell'ambiente spaziale, in quanto è quello che ci dà il senso dell'equilibrio e ha la sua sede nell'orecchio interno, alla base del cranio. I recettori chiamati utricolo e sacculo contengono cellule ciliate immerse in una gelatina e sono sovrastate da sassolini di calcio (otoliti) che, in condizioni normali, premono le ciglia e forniscono la sensazione della posizione. Se siamo in movimento, il liquido contenuto nei canali semicircolari dell'apparato vestibolare piega le ciglia, come alghe nella corrente, e fornisce la sensazione del moto. Tutto questo viene implementato dagli stimoli che ci arrivano dalla pelle e dalle articolazioni. Ma nello spazio tutti questi stimoli vengono a mancare, i segnali vestibolari sono rimpiazzati dai segnali visivi ed entrano in conflitto con i segnali somato-sensoriali causando il "mal di spazio". È caratterizzato da nausea, vomito e disorientamento per i primi 3-5 giorni e può essere contrastato scegliendo riferimenti comuni per tutto l'equipaggio, con terapie farmacologiche o cercando di immobilizzare la testa.

Nello spazio tutte le normali attività vengono modificate, come per esempio il sonno, per l'alterazione del ritmo circadiano, e la **nutrizione**. I cibi preparati per la Stazione Spaziale devono durare a temperatura ambiente per mesi per l'assenza del frigorifero e del microonde, e la congestione nasale altera la sensazione del gusto. Il menù ha un ciclo di rotazione di 8 giorni e in futuro ci saranno cibi etnici.

Da non sottovalutare gli **aspetti psicologici**, in quanto gli astronauti devono vivere per lunghi periodi in ambienti angusti, altamente e freddamente tecnologici, con forte limitazione della privacy e con un carico di lavoro e di responsabilità formidabile. Vengono quindi previsti adeguati periodi di adattamento dell'equipaggio con test di compatibilità.

[Sintesi a cura di Massimo Volante]