

Un articolo dell'accademico sovietico N. M. Sisakian

COME SI VIVE NELLO SPAZIO

Nel giugno dello scorso anno la rivista « I problemi di Ulisse », diretta da Maria Luisa Astaldi, pubblicò un numero speciale dedicato a « L'uomo nello spazio ». Di particolare interesse tra i vari scritti pubblicati, si rivelò un saggio dell'accademico delle scienze dell'URSS N. M. Sisakian dedicato ai « Problemi di biologia proposti dai voli cosmici ». Si tratta di una serie di quesiti e di esperimenti che, stando almeno alle prime informazioni pervenute ed allo stesso comunicato ufficiale della Tass, saranno al centro della nuova impresa spaziale sovietica realizzata dal colonnello Bykovski.

Ecco i dati essenziali relativi ai voli effettuati nello spazio dagli astronauti sovietici ed americani dal primo volo di Yuri Gagarin al nuovo volo di Bykovski

Pilota	Gagarin	Titov	Glenn	Carpenter	Nikolaiev	Popovic	Schirra	Cooper	Bykovski
Veicolo	Vostok 1	Vostok 2	Friendship 7	Aurora 7	Vostok 3	Vostok 4	Sigma 7	Faith 7	Vostok 5
Età	27	28	40	37	31	32	39	36	39
Nazionalità	URSS	URSS	USA	USA	URSS	URSS	USA	USA	URSS
Data	12-4-61	6-8-61	20-2-62	24-5-62	11-8-62	11-8-62	3-10-62	15-5-63	14-6-63
Zona partenza	—	Baikunur	Cape Can.	Cape Can.	—	—	Cape Can.	Cape Can.	—
Zona arrivo	—	Saratov	Is. G. Turk	Pr. Pprtorico	—	—	Midway	Midway	—
Durata volo	108'	25h18'	4h56'	4h56'	200 Km. da Mosca	200 Km. da Mosca	9h13'	34h20'	—
Orbita	89°06"	89°17"	3	3	88°05"	88°05"	88°50"	88°24"	88°4"
Periodo orbitale	175	179	160	166	170	173	160,23	160	181
Perigeo Km.	302	257	281	282,4	214	324	283,23	272	235
Apogeo Km.	28.000	28.565	28.235	28.160	—	—	29.000	28.000	—
Vel. Max. Km/h.	4.744	4.731	1.360	1.360	5.000	5.000	2.100	1.170	—
Peso veicolo Kg.	—	—	—	—	—	—	—	—	—

I risultati raggiunti

La realizzazione del volo cosmico ha consentito lo studio degli effetti indotti dall'accelerazione, vale a dire dei meccanismi fisiologici che intervengono nell'organismo vivente per opera dei cosiddetti sovraccarichi trasversali. E' questo un problema di grande importanza pratica, giacché tali sovraccarichi possono, in una certa misura, limitare la resistenza e la capacità lavorativa dell'uomo nella fase di messa in orbita della nave spaziale e nel corso della discesa. Grazie alla ricerca dei nostri scienziati è stato possibile raccogliere nuovi elementi sulla regolazione emodinamica del piccolo circolo e l'ossigenazione sanguigna, giungendo così a determinare in misura precisa i limiti di sopportabilità dei sovraccarichi da parte dell'organismo.

Anzitutto, va ricordato che le nostre precedenti opinioni sulla resistenza umana ai sovraccarichi vanno sottoposte a revisione. Le moderne ricerche hanno dimostrato che i limiti della tollerabilità possono venire notevolmente ampliati sfruttando in maniera razionale le possibilità insite nell'organismo e soprattutto perfezionando gli accorgimenti tecnici.

Uno dei fattori caratteristici del volo cosmico è lo stato di imponderabilità, al quale potrà forse avviarsi nel futuro creando sulle astronavi una forza di gravità artificiale. Si può tuttavia stabilire fin d'ora che quest'ultima darebbe luogo ad altri e più gravi inconvenienti; i tentativi poi per riprodurre lo stato di imponderabilità sulla terra si scontrano con molte difficoltà e non sono stati praticamente coronati da successo. La via fondamentale per affrontare tali problemi è pertanto offerta dall'osservazione diretta degli effetti del volo.

In base agli esperimenti effettuati con le navi spaziali è possibile affermare con sufficiente sicurezza che una permanenza di ventiquattro ore fuori del campo gravita-

zionale terrestre non si riflette in modo negativo sui principali processi vitali. Accertamenti del genere hanno una grande portata scientifica, in vista dei timori espressi da parte di una serie di studiosi, i quali ritenevano che l'organismo non potesse sopportare una condizione prolungata di imponderabilità senza che insorgessero turbe della circolazione. In realtà si è dimostrata la capacità dell'organismo di adattarsi a condizioni di alterazioni circolatorie di entità minima, le quali non si ripercuotono in misura significativa sulla funzionalità complessiva del circolo sanguigno. Un ristabilimento abbastanza rapido della coordinazione motoria senza modificazione delle capacità di orientamento è stato inoltre constatato negli animali e successivamente confermato nel corso del volo di Yuri Gagarin, che in stato di imponderabilità poté svolgere, soddisfacentemente, prestazioni lavorative di vario tipo.

Le ricerche effettuate su vari organismi viventi non hanno messo in luce manifestazioni morbose da attribuire all'azione delle radiazioni ionizzanti; si sono solo osservate alterazioni transitorie probabilmente da attribuire alla azione combinata dei vari fattori del volo.

Occorre sottolineare, tuttavia, che le orbite delle navi cosmiche erano particolarmente favorevoli dal punto di vista delle influenze radianti in quanto situate al di sotto delle fasce di radiazioni, mentre la durata del volo era relativamente breve (24 ore). I risultati ottenuti hanno perciò valore solo entro i limiti ora detti.

Si è giunti così alla conclusione che voli di breve durata, in condizioni corrispondenti a quelle della seconda, terza, quarta e quinta nave cosmica sovietica, non risultano pericolosi per l'uomo dal punto di vista delle radiazioni. Gli esperimenti biologici sulle navi cosmiche hanno quindi aperto all'uomo le vie del cosmo.

La preparazione dei cosmonauti

Per attuare il volo cosmico dell'uomo è necessario un notevole lavoro di preparazione e di selezione. Per la scelta dei cosmonauti si è in un primo momento proceduto a conversazioni con un gruppo di piloti che avevano esperienza in voli lunghi. Quelli più idonei furono sottoposti a esami clinici e psicologici, utilizzando i più moderni metodi elettrofisiologici, biochimici e fisiologici. In questo tempo furono determinate le particolarità delle

reazioni individuali alle condizioni di volo sperimentale. Dopo accurata selezione il gruppo dei candidati iniziò uno speciale programma di istruzione e di allenamento, che prevedeva lo studio della tecnica di costruzione dei razzi e della struttura della nave cosmica, oltre che speciali problemi di astronomia, di geofisica, di biologia cosmica e di medicina. Gli allenamenti comprendevano voli su aerei in condizioni di imponderabilità, sog-

giorni in modelli di cabine cosmiche, prolungata permanenza in camere isolate e in centrifughe, lanci col paracadute; si procedeva nel frattempo a un allenamento fisico continuo mediante esercizi sportivi di vario genere. Il programma di preparazione speciale consisteva nello studio di problemi di volo, di carte della zona di atterraggio e di tecnica di pilotaggio e di comunicazione radio. Per l'attuazione del primo volo fu scelto infine il pilota maggiore Yuri Gagarin.

Per quanto riguarda il volo compiuto da Gagarin il 12 aprile 1961 a bordo del Vostok mi soffermo su alcuni aspetti medicobiologici dell'impresa. I dispositivi che assicuravano le condizioni necessarie per le attività vitali all'interno della cabina, hanno funzionato normalmente in tutte le fasi del volo. Nella cabina si è mantenuta una pressione di 750-770 mm. di mercurio, una temperatura ambientale di 19-22° e un'umidità relativa del 62-71°: condizioni che possono definirsi confortevoli.

Prima del lancio, durante le fasi del volo e al termine di questo, lo

stato del pilota è apparso soddisfacente. Nel comportamento del cosmonauta colpivano l'eccezionale calma, l'equilibrio, la padronanza di sé, l'adeguatezza delle reazioni. Trenta minuti circa prima della partenza, la frequenza della respirazione era di 24 escursioni al minuto, quella cardiaca di 66. Tre minuti prima del lancio, una certa tensione emotiva era denunciata dall'aumento della frequenza del polso fino a 109 battiti al minuto, ma la respirazione era regolare e tranquilla.

Al momento della partenza dell'astronave e nel corso della sua graduale accelerazione, la frequen-

za dei battiti cardiaci aumentò fino a 140-158 e la frequenza della respirazione a 20-26. Dopo 10 minuti di soggiorno fuori del campo gravitazionale la frequenza del polso era di 92, quella della respirazione di 27; la capacità di lavoro non aveva subito modificazioni, il coordinamento e la precisione dei movimenti si mantenevano inalterati. Nella fase di frenaggio, allorché il pilota era nuovamente sottoposto a un sovraccarico, furono osservati periodi brevi, ma transitori di respirazione affrettata. Nell'imminenza dell'arrivo la respirazione si fece uniforme e calma, con una frequenza di

circa 16 al minuto; tre ore dopo l'atterraggio la frequenza cardiaca era di 68 e quella della respirazione di 20 al minuto, si era cioè tornati ai livelli di partenza. Le modificazioni funzionali dell'apparato cardiorespiratorio si mantennero dunque, per quanto risulta dagli indici elettrocardiografici e pneumografici registrati telemetricamente, entro i limiti della norma. Nel complesso il cosmonauta sopportò in modo soddisfacente la fase attiva del volo. Mantenendo i collegamenti radio ed esplorando correttamente ognuno dei compiti assegnatigli.

Le condizioni biologiche che assicurano i voli spaziali

I voli dell'uomo su Marte, Venere ed altri pianeti rappresentano un mezzo essenziale per risolvere i problemi della cosmobiologia. Nello stesso tempo, la realizzazione di tali voli costituisce un quesito estremamente complesso, inteso ad assicurare una esistenza autonoma agli equipaggi spaziali, e che per la prima volta viene proposto agli scienziati in forma categorica. La soluzione è resa più ardua dalle comprensibili limitazioni insite nel peso e nelle dimensioni degli apparecchi cosmici oltre che nella grande durata dei viaggi interplanetari. Il fattore tempo condiziona in misura preminente i metodi rivolti ad assicurare la vita dei cosmonauti.

I voli di breve durata nello spazio prossimo alla terra possono svolgersi con sufficienti riserve di ossigeno, acqua e cibo. L'aumento della durata del volo richiede invece la produzione artificiale di tali sostanze a bordo della nave cosmica. Se si suppone che il volo spaziale non comporti modificazioni sostanziali del metabolismo umano, si può stabilire in maniera approssimativa che il peso totale dell'ossigeno, dell'acqua e del cibo consumati da un individuo nel

corso di una giornata sia pari a 3.500 g. Per assicurare un viaggio cosmico di tre anni a un equipaggio di cinque persone, il peso delle riserve ammonterebbe a non meno di 19 tonnellate, cifra che viene considerevolmente a elevarsi se si aggiunge il peso dei serbatoi, degli impianti di conservazione, ecc.

La produzione a ciclo chiuso, parziale o completo, delle sostanze necessarie alla vita, a bordo delle navi cosmiche, permetterebbe di ridurre sostanzialmente questo peso e — cosa importantissima — di diminuire la sua dipendenza dalla durata del volo. L'attuazione di un simile programma è in linea generale possibile, sfruttando l'energia delle radiazioni solari.

In primo luogo è prevedibile la produzione dell'acqua mediante metodi fisici: distillazione a pressione normale e a pressione ridotta, elettrolisi, purificazione mediante resine a scambio ionico. Per quanto concerne l'ossigeno le difficoltà sono molto maggiori; tuttavia, è risolvibile con una serie di accorgimenti fisici e biologici, come la scissione fotolitica della anidride carbonica sotto irradiazione ultravioletta e mediante catalizzatori di rame, oppure l'elettrolisi dell'acqua metabolica con successiva interazione di anidride carbonica e idrogeno. Assai promettenti sono poi le ricerche sulle reazioni enzimatiche che si svolgono per opera di batteri anaerobi e in seguito alle quali si fissano idrogeno e anidride carbonica e si libera ossigeno. La produzione dell'ossigeno nelle cabine chiuse non risolve, tuttavia, in modo completo, il problema della esistenza autonoma dell'uomo nello spazio, poiché la durata del volo è condizionata alle riserve di cibo.

La soluzione più completa è quella progettata da K. E. Tsiolkovskij, e consistente nella creazione di un ambiente ecologico chiuso a bordo delle navi cosmiche, di stazioni interplanetarie, e di speciali costruzioni sui pianeti; la parte fondamentale del programma concerne tuttavia la produzione degli alimenti mediante l'utilizzazione dei prodotti del catabolismo umano. La sintesi artificiale degli idrati di carbonio, dei grassi e degli aminoacidi dell'anidride carbonica, dell'acqua, del-

l'ammoniaca, dell'urea, e da altri prodotti terminali del metabolismo è teoricamente possibile. Più realistica in questo senso è, peraltro, la sintesi chimica dei precursori delle sostanze alimentari e la successiva loro assimilazione e sintesi completa, per opera di microrganismi o mediante altri tipi di biosintesi.

E' tuttavia poco probabile che nei prossimi anni si riesca ad attuare la produzione degli alimenti a partire da sostanze inorganiche. Maggiore interesse presenta la fotosintesi delle piante verdi, che assicura la formazione di sostanze organiche dai prodotti terminali del metabolismo umano; l'attenzione dei biologi è soprattutto attratta dalle alghe unicellulari, il cui impiego consente l'utilizzazione in misura considerevole dell'energia solare e insieme una velocità di accumulo di sostanze organiche entro uno spazio limitato.

Il metodo presenta vantaggi tecnici (possibilità d'impiego razionale della cubatura della cabina, distribuzione uniforme della luce) ma anche molte incognite, specie riguardo al valore alimentare delle alghe unicellulari, che attualmente è oggetto di studi accurati.

Bisogna sottolineare ancora una volta che il problema dell'alimentazione durante un soggiorno spaziale è estremamente complesso e può semplicemente ridursi al calcolo del valore calorico, della composizione chimica del cibo e della percentuale della sua assimilazione. Va considerato che in condizioni normali l'uomo consuma una grande varietà di prodotti, varietà che è estremamente importante per le ripercussioni fisiologiche, non ultime quelle che concernono la sfera psichica. Per realizzare un sistema di alimentazione che risponda nella misura migliore alle esigenze umane, è necessario esaminare la possibilità di introdurre nella cabina della nave cosmica piante e animali superiori in modo che la ragione del cosmonauta si discosti il meno possibile da quella in uso sulla terra.

Cenni particolari meriterebbe ancora una serie di importanti problemi connessi ai voli cosmici prolungati, come la psicologia dell'uomo sulla nave cosmica, il controllo continuo del suo stato di salute, l'elaborazione dei metodi di assistenza medica.

Il Vostok

Possibilità di vita nel cosmo

La biologia cosmica indaga da un lato le condizioni che assicurano il mantenimento della vita nel cosmo, dall'altro studia le possibilità della presenza di materia vivente e di sostanza organica nello spazio. Sono note a tutti le ipotesi circa l'esistenza di forme di vita e di materia organica sui pianeti del sistema solare e nell'universo in genere. I dati scientifici finora accertati a questo proposito sono peraltro assai scarsi.

Tutti i tentativi di risolvere la questione della esistenza della vita su Marte per mezzo di osservazioni da terra hanno incontrato insormontabili difficoltà. Solo recentemente, grazie all'impiego di metodi spettroscopici precisi, è stato possibile scoprire degli spettri di assorbimento considerati caratteristici dei composti organici. E' ovvio che la dimostrazione dell'esistenza di forme di vita su questo pianeta è tanto più ardua, in quanto la vita su Marte per mezzo di osservazioni da terra hanno incontrato insormontabili difficoltà. Solo recentemente, grazie all'impiego di metodi spettroscopici precisi, è stato possibile scoprire degli spettri di assorbimento considerati caratteristici dei composti organici. E' ovvio che la dimostrazione dell'esistenza di forme di vita su questo pianeta è tanto più ardua, in quanto la vita su Marte per mezzo di osservazioni da terra hanno incontrato insormontabili difficoltà.

Gli attuali metodi di indagine cosmologica, offerti dallo sviluppo della cosmonautica, consentono una nuova impostazione

dei problemi ora accennati. Bisognerà per prima cosa conseguire la prova dell'esistenza nello spazio cosmico di forme elementari di vita, di processi biochimici elementari e di substrati simili a quelli reperibili sulla terra. E' lecito supporre che spore estremamente persistenti, adattate a condizioni inconsuete grazie all'elaborazione di peculiari meccanismi di difesa o mediante nuove forme di interazione con l'ambiente circostante, possono esistere nello spazio cosmico (ad esempio, sotto lo strato di polvere della luna) e venire trasportate

da un corpo celeste all'altro per opera dei meteoriti.

Sorgono così interrogativi proficui per evitare di contaminare incontrollatamente con microrganismi terrestri altri corpi celesti o di introdurre forme di vita estranee sulla terra.

Il confronto fra le forme di vita scoperte nello spazio cosmico e quelle terrestri permetterà di stabilire i caratteri dell'origine e dello sviluppo della vita nell'universo e di identificare l'unità delle leggi che controllano la materia vivente.

I fattori cosmici

Lo studio dello spazio cosmico presenta aspetti metodologici e biologici di grande importanza teorica.

Gli organismi si sono nel corso dell'evoluzione adattati a determinate condizioni di esistenza: vanno principalmente considerati gli effetti del campo gravitazionale e quelli delle radiazioni ionizzanti. La scoperta nei pressi della terra di fasce di radiazioni con alto potere di penetrazione ha posto di fronte a problemi biologici nuovi, come la necessità di predisporre mezzi adeguati di difesa, particolarmente difficili per i riguardi dei protoni della fascia interna. Di grande importanza è inoltre la giusta scelta della traiettoria di volo dovendosi aggirare la zona delle radiazioni più intense.

E' dimostrato che il campo di gravitazione terrestre esercita una determinata influenza sulle strutture cellulari e subcellulari e sui processi di morfogenesi e di embriogenesi. Si suppone ad esempio, che nei primi stadi della segmentazione dell'uovo debba assumere un determinato orientamento nei rispetti del campo gravitazionale. Come abbiamo visto, tali processi nello spazio cosmico costituiscono un interrogativo di eccezionale interesse teorico e pratico. Il pericolo di un'azione biologi-

camente nociva da parte delle radiazioni cosmiche costituisce uno dei principali ostacoli per la conquista dello spazio e richiede studi ulteriori e prolungati. Andranno identificate le particolarità dell'azione biologica dei nuclei pesanti, i quali comportano un grado elevato di ionizzazione, come pure quelle dell'azione combinata delle radiazioni ionizzanti con altri fattori del volo. Potremmo trovarci di fronte a modificazioni della radiosensibilità, con particolare riferimento alle possibili influenze genetiche.

Nel pianificare i futuri voli cosmici è necessario tener presente non solo l'intensità delle radiazioni ma anche la loro composizione quantitativa, che è probabile subisca continue oscillazioni nel tempo in rapporto a cause non precisate. Un preciso interesse circa le loro conseguenze sui cosmonauti, suscitano le esplosioni solari, nel corso delle quali l'intensità delle radiazioni può aumentare in misura considerevole, se si è in grado finora di prevedere tali ricorrenze. Molti settori dello spettro solare è possibile offrire dei vantaggi per la navigazione cosmica: la utilizzazione dell'energia della banda visibile e di quelle adiacenti va prospettata in particolare per i processi di fotosintesi e per la rigenerazione dell'aria e dell'acqua.

I problemi attuali

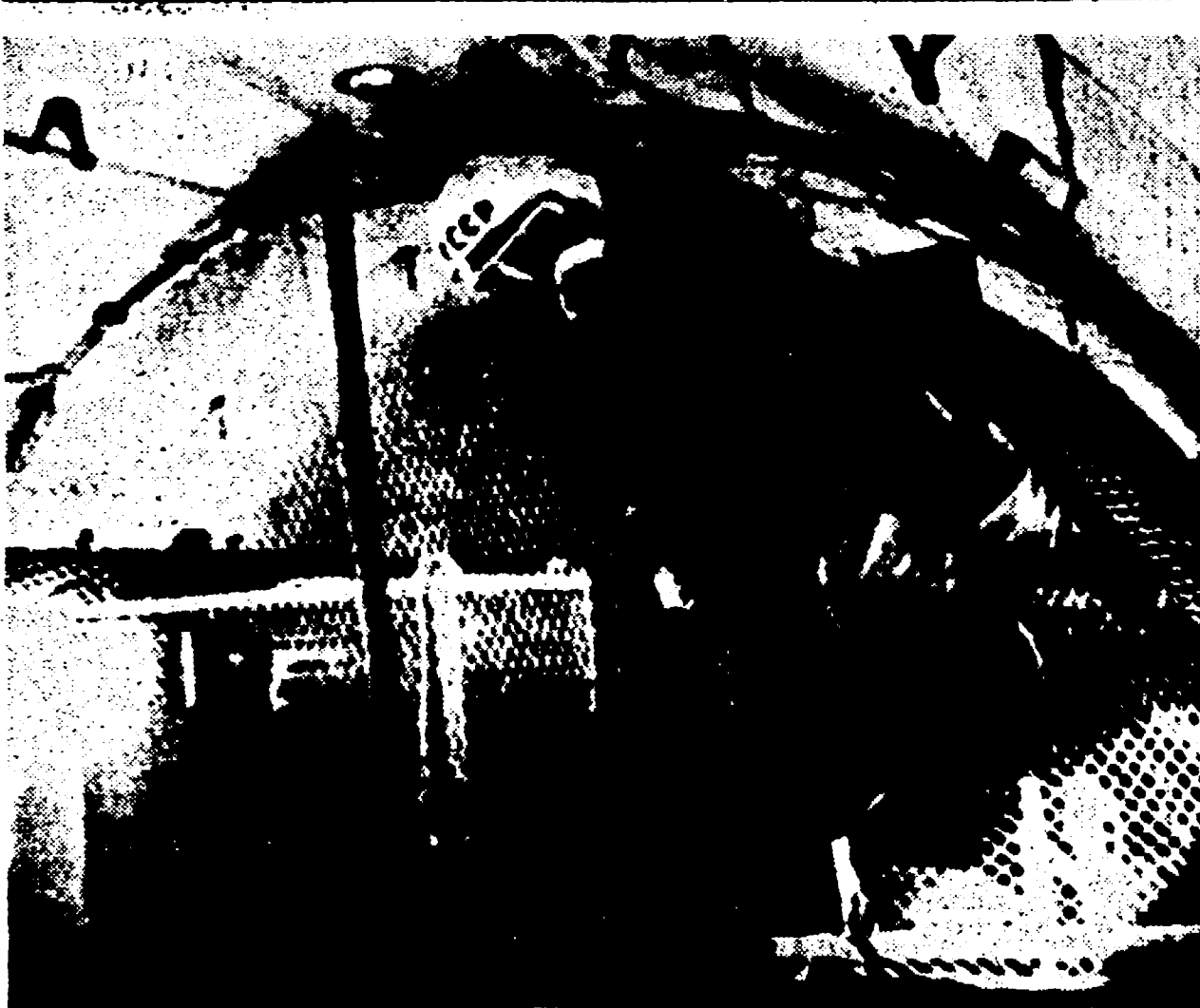
Le ricerche finora riferite hanno permesso non solo di raccogliere gran numero di dati scientifici e insieme di valutare la efficienza dei dispositivi intesi ad assicurare la vita del cosmonauta. Ma, fatto essenziale, hanno stabilito le basi per le ulteriori ricerche e indicato la successione programmatica dei problemi biologici connessi alle comunicazioni interplanetarie. I problemi qui prospettati restano aperti anche dopo il volo di Titov, su cui diamo alcuni dati. Il Vostok, il pesante, senza il razzo vettore, 4.731 tonnellate. Esso compì 17 evoluzioni attorno alla Terra in 25 ore e 18 minuti. Nella cabina la temperatura oscillò tra i 10 ed i 22 gradi; l'ossigeno rappresentava il 25-27 per cento, l'anidride carbonica lo 0,25-0,40 per cento, l'umidità il 55-77 per cen-

to dell'atmosfera. La pressione si mantenne sui 750-760 mm. di mercurio. L'ambiente era confortevole, tanto che il cosmonauta non teneva quasi mai chiuso lo scafandro. I controlli operati sull'attività del cuore, la frequenza e la profondità della respirazione e la temperatura del pilota dimostrarono in Titov una capacità lavorativa a livello sufficientemente elevato. Non si notarono alterazioni fisiologiche degne di rilievo. Il polso si mantenne sugli 80-100 battiti al minuto; la respirazione fu di 18-22 atti al minuto. Durante il sonno — dalle 18.30 del 6 agosto alle 2.37 del 7 agosto 1961, 37 minuti più del previsto — i battiti del polso di Titov furono 45-56, secondo la norma. La lunga permanenza in stato di imponderabilità causò tuttavia

alcune alterazioni all'apparato vestibolare dell'udito, forse derivanti da particolarità personali di Titov, ma tali comunque da far pensare che lo stato dell'uomo in condizioni di prolungata imponderabilità debba ancora essere studiato. Dopo il sonno le alterazioni e le conseguenti spiacevoli sensazioni diminuirono notevolmente. Comunque tra i quesiti che si prospettano a tutt'oggi hanno particolare rilievo quelli che riguardano:

- l'azione dei fattori cosmici sugli organismi viventi;
- le condizioni biologiche che rendono possibili i voli cosmici;
- le forme e le condizioni di vita sui pianeti del sistema solare.

Mi soffermerò sugli orientamenti scientifici che caratterizzano i problemi ora enunciati.



Bykovski in allenamento nello stato di imponderabilità a bordo di un aereo per la preparazione dei voli cosmici.