

Considerazioni biologiche sui voli spaziali eseguiti fino ad oggi (*)

T. LOMONACO (**)

Ricevuto il 19 Febbraio 1963

RIASSUNTO. — L'A. espone dapprima i risultati di interesse biologico conseguiti nei primi voli spaziali, suborbitali ed orbitali, realizzati dai sovietici, dagli americani e dai francesi, con l'impiego di animali da esperimento di specie diverse. Sul presupposto di tali ricerche venivano lanciati, per voli orbitali, i sovietici Gagarin e Titov.

Nei due astronauti le modificazioni delle grandezze circolatorie durante la fase di ipergravità non differivano dai dati rilevati in centrifuga. In assenza di gravità le variazioni cardiache e respiratorie furono quasi nulle, mentre non si rilevarono disturbi nei movimenti e nella coordinazione muscolare.

Solo Titov, per qualche istante del volo, presentò vertigini e nausea che insorgevano con i movimenti della testa.

Gli Stati Uniti eseguivano i loro primi voli spaziali umani suborbitali, con i lanci di Shepard e Grissom.

Dopo alcuni voli orbitali sperimentali realizzavano il loro primo volo orbitale umano con il lancio del tenente colonnello Glenn. I dati biologici teletrasmessi fecero rilevare un comportamento dell'apparato cardiovascolare, nelle fasi di iper e di zero gravità, che rientrava nelle previsioni. Le funzioni sensoriali non presentarono alterazioni, ove si eccettui una riduzione della visione crepuscolare, né si ebbero, in condizioni di zero-gravità, disturbi labirintici, che pure l'astronauta cercò di provocare con movimenti della testa. L'alimentazione, eseguita con cibi appositamente preparati, non presentò difficoltà.

Il 24 Maggio 1962 veniva lanciato, per un volo orbitale, l'americano Carpenter. Questi presentò, in condizioni di subgravità, tachicardia e notevoli variazioni nella pressione arteriosa.

L'A. conclude la rassegna dei dati biologici raccolti nel corso dei voli spaziali eseguiti da uomini e da animali da esperimento, facendo rilevare co-

(*) Nota presentata al 2° Congresso Internazionale Tecnico Scientifico dello Spazio. Roma, 19-23 Giugno 1962.

(**) Ispettorato di Sanità Aeronautica. Capo dell'Ispettorato: Ten. Gen. med. C.S.A. Prof. Dott. T. LOMONACO.

me si siano ottenuti dati piuttosto contrastanti sulle condizioni cardiovascolari e labirintiche in zero-gravit  che richiederanno nuove indagini nel corso di ulteriori voli spaziali.

SUMMARY. — The Author exposes the results of biological interest obtained through the first space flights (suborbital or orbital) executed by Soviet, American, and French scientists, employing different animals. On the basis of such scientific acquisitions, the Soviet astronauts Gagarin and Titov were launched into orbital flights.

Both of them did not undergo, in the active phase of the flight, any special change of cardiocirculatory or respiratory functions, which was not previously observed on the ground in occasion of centrifuge tests. During weightlessness any change was practically absent, and no troubles of mobility or muscular coordination were recorded.

Titov only, for a period of a few moments, suffered from nausea and dizziness, provoked by head movements.

The first U.S.A. suborbital flights were accomplished by Shepard and Grissom.

After some experimental orbital flights, the U.S.A. executed their first manned orbital flight. The telemetation of the biological parameters concerning Lt. Col. Glenn showed that the behaviour of the cardiovascular apparatus in hyper- and zero-gravity corresponded to the provisions. The sensory functions did not undergo any special change, except for a reduction of twilight vision. Furthermore no labyrinthine disturbances were observed in zero-gravity, although the astronaut attempted to elicit them by means of voluntary head movements. Feeding with especially packed food did not offer particular difficulties.

On May 24, 1962, the American pilot Carpenter was put into orbit. During weightlessness he presented tachycardia and very large changes in blood pressure.

At the end of his survey of the biological data recorded during space flights of men and animals, the Author points out that the so far collected data are still scarcely homogeneous, as far as cardiovascular and labyrinthine conditions in zero-gravity are concerned, so that a large amount of investigations, to be conducted in future space flights, is still required.

La serie ininterrotta di voli suborbitali ed orbitali eseguiti fino ad oggi nonch  le ricerche scientifiche effettuate al riguardo con varie modalit  e con vari mezzi di laboratorio ci obbligano a fare il punto della ricerca bio-spaziale onde consentire, se possibile, un bilancio.

Da questo si potrebbero trarre considerazioni ed argomentazioni per un migliore indirizzo delle future ricerche mediche aerospaziali.

Ecco qui una elencazione descrittiva dei voli spaziali biologici eseguiti fino ad oggi.

Periodo che va dal 1949 al 1952.

J. P. Henry e Coll., ricercatori statunitensi, sperimentarono in voli con V2 ed Aerobee il comportamento del labirinto di alcuni animali in condizioni di subgravità. Gli animali usati in queste ricerche furono i topini, alcuni con labirinto integro ed altri slabirintati. Fu registrato a mezzo films e con fotografie il comportamento motorio di questi animali. Fu constatato che nel periodo di galleggiamento provocato della subgravità i topini slabirintati presentavano un migliore orientamento rispetto a quelli forniti di labirinto integro.

1957.

Durante l'anno 1957 il russo A. M. Galkin e collaboratori lanciarono a più riprese coppie di cani (uno anestetizzato ed uno normale) ad una quota di circa 200 km raggiungendo una assenza di peso della durata di 3,5 minuti. I cani venivano piazzati in un contenitore stagno racchiuso nell'ogiva di un razzo. In questo contenitore si aveva una pressione atmosferica che variava da 760 a 460 mm di Hg: la concentrazione di CO₂ veniva mantenuta quasi normale con assorbitori e l'O₂ consumato veniva reintegrato automaticamente.

Durante il lancio venivano telemetrati: l'eeg, il respiro, la pressione arteriosa.

La registrazione di questi dati mostrò un aumento massimo durante le fasi « attive » cioè durante il lancio e durante il rientro in atmosfera; durante lo zero-gravità tutti i valori fisiologici tornavano normali, ma non così rapidamente come era da aspettarsi.

Negli animali anestetizzati le variazioni fisiologiche durante le fasi « attive » furono meno pronunziate.

Nello stesso anno apparvero le osservazioni da parte dei russi V. N. Chernov e V. Y. Yakolev sul comportamento della cagnetta « Laika » in volo orbitale.

Il 3 Novembre 1957 dagli scienziati russi fu lanciato e messo in orbita circum-terrestre un satellite contenente in un speciale abitacolo la cagnetta « Laika ».

Prima del lancio della cagnetta fu eseguita una accurata preparazione biologica di alcuni cani dai quali doveva poi essere scelta « Laika » del peso di kg 6 circa. La preparazione aveva il fine di conoscere per ogni animale i dati medi delle loro variabili fisiologiche e di ottenere un adeguato addestramento in maniera che l'animale prescelto non presentasse

reazioni emotive esagerate durante le fasi critiche del volo orbitale e sopportasse senza danni per parecchio tempo un ambiente piccolo e confinato, qual'era appunto quello della capsula spaziale, a forma oblunga con diametro di 64 cm e lunghezza di 80 cm.

A tal fine gli animali furono per parecchie volte esaminati in centrifuga e si ottenne da essi l'abitudine a stare rinchiusi in uno stretto abitacolo con la diminuzione progressiva del volume dello abitacolo stesso: inoltre gli animali furono abituati, attraverso l'instaurarsi di riflessi condizionati, ad alimentarsi e ad evacuare ad ore prestabilite.

L'animale prescelto fu posto su un comodo supporto e legato con cinghie che però gli permettevano di stare all'impiedi, di sedere, di chinarsi ed anche di muoversi un po' avanti ed indietro.

La capsula conteneva una sostanza assorbente CO_2 e rigeneratrice di O_2 . L'alimento consisteva in una miscela gelatinosa di acqua, di crosta di pane, di carne polverizzata e di grasso di manzo. La consistenza gelatinosa aveva il fine di ottenere un maggiore attrito alle pareti del recipiente e quindi mitigare la galleggiabilità durante la subgravità.

Vi era poi un dispositivo per accogliere gli escrementi e le urine.

Le grandezze fisiologiche venivano telemetrate. Esse furono: ecg, frequenza respiratoria, pressione arteriosa, comportamento motorio. Chernov e Yakolev riferiscono che tutte queste grandezze rimasero normali in tutte le fasi del volo, eccetto durante la fase iniziale, cioè durante le accelerazioni in cui vi fu un aumento che però si presentò sempre meno marcato pur aumentando i valori di accelerazione.

Raggiunto il periodo di subgravità tutto tornò alla norma ma dopo un periodo di tempo più lungo di quello medio riscontrato durante le prove effettuate a terra dopo le accelerazioni in centrifuga.

1958.

Nel 1958 B. G. Bugrov dell'U.R.S.S. e collaboratori eseguirono esperimenti per accertarsi se fosse stata possibile la vita di cani racchiusi in indumenti a pressione con casco trasparente.

A tale scopo furono lanciate capsule fino a raggiungere quote di circa 110 km. Dopo una breve traiettoria ed a quota più bassa i cani venivano lanciati fuori della capsula con paracadute. Vi furono parecchie perdite di animali, ma alcuni raggiunsero in buone condizioni la superficie terrestre. Durante il volo furono come al solito registrati i vari dati fisiologici che presentarono variazioni simili a quelli degli esperimenti di Galkin.

Nello stesso anno gli Statunitensi F. L. Van der Wal e W. D. Young lanciarono come da progetto « Mia », topini in voli orbitali con missili Thor-Able durante i quali si ebbero periodi di subgravità di durata notevole (45'). I dati fisiologici ricavati però non furono molto conclusivi.

Sempre nel 1958 si effettuò il « Joint Army Navy Bioflight Project 1 ». Venne lanciata una scimmia (la scimmia « Gordo ») entro una ogiva di un Jupiter IRBM.

L'animale non fu recuperato. Durante il lancio furono teletrasmessi i seguenti dati biologici: eeg, frequenza respiratoria, toni cardiaci, temperatura cutanea, temperatura interna della capsula. Non tutti questi dati furono però trasmessi chiari.

Comunque fu riscontrato come al solito un aumento della frequenza cardiaca durante il lancio con ritorno parziale ai dati normali durante la fase di gravità zero.

1960.

Nel 1960 ebbe luogo l'esperimento russo con le cagnette Belka e Strelka, ambedue recuperate.

Il 19 Agosto 1960 l'Unione Sovietica lanciò una seconda nave spaziale attorno alla terra del peso di 4600 kg.

La nave era divisa in 2 scomparti: cabina per gli animali e cabina per gli strumenti.

Lo scomparto biologico conteneva due cagnette « Belka e Strelka » pesanti rispettivamente 4,5 kg e 5,5 kg e gabbie con ratti e topini albini e neri, centinaia di insetti, semi di cipolla, piselli, orzo, mais ecc. alghe del tipo *Chlorella*, bacilli intestinali, fagi, cellule epiteliosomatose umane, pelle umana e di coniglio ecc.

I cani furono condizionati nella maniera simile a quella usata per Laika. In essi fu esteriozzata la carotide per eseguire misure di pressione arteriosa e furono inseriti sottocute due elettrodi per la trasmissione dei dati pressori sanguigni ed elettrocardiografici.

Oltre agli strumenti per la telemetria dei principali eventi fisiologici dentro la capsula fu allogata anche la televisione.

Le condizioni nell'interno dell'abitacolo erano le seguenti: P.B. uguale a quella del livello del mare, CO₂ inferiore all'1%, temperatura 15-25 °C., umidità relativa 30-70%.

L'O₂ consumato, il CO₂ espirato e l'acqua emessa venivano adeguatamente regolati con corrispondente emissione di O₂, assorbimento di CO₂.

e H₂O. La regolazione era automatica ma comunque ogni variazione era telemetrata. L'aumento interno della temperatura veniva anch'essa tenuta costante a mezzo di refrigeratore radiante ad aria liquida.

Per la alimentazione fu fatto uso, come nel caso di Laika, di sostanze gelatinose ricche di alimenti nutritivi ed acqua.

La sostanza gelatinosa aderiva, come si è detto, ai recipienti e quindi non si staccava dal fondo dei recipienti stessi in subgravità. L'alimento era messo a disposizione degli animali a intervalli fissi, tramite l'apertura automatica di un compartimento.

Al 18° giro orbitale la nave fu fatta scendere.

Essa fu immessa in una traiettoria discendente; l'abitacolo, separato dal resto, venne paracadutato a 7 ÷ 8.000 m e durante l'apertura del congegno ritardante si raggiunse una decelerazione di circa 10 G.

I dati trasmessi durante il volo orbitale sembra che abbiano dimostrato che tutto si sia comportato normalmente.

All'arrivo le cagnette ed i topini non presentavano segni di sofferenza.

Degli studi ulteriori proseguiti sul notevole materiale biologico trasportato dal satellite nel volo orbitale nulla ancora si sa anche perchè è evidente che per i definitivi risultati dovrà passare molto tempo soprattutto se si tiene conto degli effetti proiettati nel futuro delle lesioni genetiche provocate dalle radiazioni ionizzanti.

Apparirà subito l'importanza di questo notevole esperimento russo quando si sa che furono anche trasportati nel volo orbitale culture di particolari batteri i quali sotto l'azione delle radiazioni ionizzanti si potevano mutare in altri tipi di batteri (ad es. i batteri lisogenici che producono i batteriofagi). Furono anche messi in orbita tubi da saggio contenenti cellule cancerigne per studiare dopo il volo le eventuali modificazioni ed ampole contenenti ac. desossiribonucleico.

Informazioni conclusive e nello stesso tempo più particolareggiate sugli eventi fisiologici in volo spaziale ci vengono date da Gazenko e Yazdovsky (1961). Questi autori ci dicono che in alcuni degli animali lanciati nello spazio furono registrati, durante le prime ore di assenza di peso, cambiamenti di intensità dei rumori del cuore. Il 1° tono infatti si presentava più prolungato la qual cosa starebbe per un aumento della durata di espulsione del ventricolo sinistro. Questo fenomeno scompare più o meno rapidamente, ma dopo 8 ÷ 10 ore appaiono altre modificazioni.

Si nota infatti un aumento della frequenza del polso, della frequenza del respiro e della pressione arteriosa. Anche l'onda T dell'ecg appare deformata.

Si deve poi sottolineare un altro fenomeno: la difficoltà in regime zero-gravitazionale del ritorno ai valori normali circolatori dopo le variazioni presentate a causa delle accelerazioni all'atto della partenza.

Questo fenomeno fu chiaramente osservato sulla cagnetta Laika nella quale durante il periodo di imponderabilità il tempo di ritorno alla norma delle grandezze circolatorie fu 3 volte più lungo che in condizioni di gravità normale ed anzi qualche grandezza come la frequenza cardiaca si mantenne per un certo tempo sotto i valori normali.

1961.

Nel 1961 si compì l'esperimento statunitense di volo suborbitale con un razzo vettore Redstone contenente una capsula con lo scimpanzè « Ham ».

Il 31 Gennaio 1961 da Cape Canaveral fu lanciato come è noto, uno scimpanzè, posto in una capsula simile a quella dell'attuale progetto Mercury. L'altezza massima raggiunta fu 313 km e la gittata 675 km. La capsula cadde a 175 miglia ad ovest dell'isola Grand Bahama e fu recuperata con lo scimpanzè vivo.

Durante il volo furono teletrasmessi vari dati fisiologici e fra questi anche le reazioni motorie dell'animale.

Queste ultime furono riscontrate normali durante il volo: l'animale recuperato non presentò segni di sofferenza o disfunzioni di rilievo.

Il 9 Marzo 1961 da località ancora sconosciuta fu lanciato dai russi in volo orbitale lo Sputnik IX (korabl III) contenente la cagnetta Cernuska ed altri oggetti biologici non meglio dichiarati.

Lo Sputnik compì 2 giri e un atterraggio, nessuna lesione fu riscontrata alla cagnetta.

Questo volo orbitale deve essere considerato come preparatorio al prossimo volo orbitale umano compiuto da parte russa.

Il 23 Marzo 1961 venne ancora dai russi lanciato in volo orbitale lo Sputnik X (korabl IV) con la cagnetta Svezdoscia.

I dati fisiologici di questa cagnetta telemetrati durante il volo ripeterono i dati ottenuti con la cagnetta Cernuska. Questo volo venne adempiuto dai russi nell'intento di ottenere ulteriore sicurezza per il prossimo lancio umano.

Ed infatti il 12 Aprile 1961, alle ore 9,07 (ora di Mosca) un missile tre-quadrastadio, il Vostok I° venne lanciato dai russi da località ancora non conosciuta. Il missile portava una cabina contenente, per la prima volta nella storia dell'umanità, un uomo: il maggiore ventisettenne Guri Alexeievich Gagarin.

Il peso della cabina era di 4725 kg. L'altezza del perigeo fu di 181 km, quella dell'apogeo 327 km.

Gagarin rimase in volo 108' di cui 80' di viaggio vero e proprio nello spazio e quindi in fase di gravità zero. Egli circumnavigò 5 volte il pianeta terrestre.

Il 6 Agosto 1961 un altro russo venne lanciato in volo orbitale con il Vostok II da una base anche questa non ancora conosciuta del territorio sovietico. È il maggiore Gherman Stefanovic Titov di 26 anni.

La capsula contenente il cosmonauta partiva alle ore 7 (ora di Mosca) e rimaneva in orbita 25^h e 18'. L'atterraggio avveniva alle ore 8,18 del 7 Agosto presso Saratov (Basso Volga). Il peso della capsula era di 4731 kg: l'apogeo 257 km, il perigeo 178 km. Titov compì 17 circumnavigazioni attorno il pianeta terrestre.

Prima di dire qualche cosa sugli eventi fisiologici registrati da questi cosmonauti russi è bene spendere una parola sulla loro selezione fisiologica e sul loro addestramento.

In questi cosmonauti si sono pretesi innanzi tutto le più alte qualità professionali: dal punto di vista medico nessuna deviazione delle funzioni fisiologiche e psicologiche; costituzione fisica ben sviluppata; un grande grado di stabilità emozionale. Nell'esame di selezione oltre i metodi classici furono impiegati la camera a depressione, la centrifuga, strumenti vibranti e strumentario misurante il grado di stabilità labirintica.

Lungamente poi i piloti furono addestrati in centrifuga, in camera a depressione e mediante dispositivi strumentali abituati a disquilibri funzionali vestibolari.

Sia in Gagarin che in Titov durante la fase attiva dei voli i dati telemetrati per quanto riguarda la funzione circolatoria e respiratoria furono simili a quelli riscontrati durante le prove a terra in centrifuga. In Titov la frequenza cardiaca raggiunse qualche volta punte più elevate (118 ÷ 134 al 1').

Durante la fase di imponderabilità le variazioni cardiache e respiratorie furono quasi nulle.

Durante il sonno (sempre in condizioni di imponderabilità) la frequenza cardiaca di Titov cadde da 80 ÷ 100 per 1' a 84 ÷ 58 per 1'.

Durante il periodo di imponderabilità i due astronauti hanno conservato ogni loro capacità e la possibilità di ogni movimento complicato: la coordinazione muscolare fu sempre ottima.

Per qualche istante del volo Titov risentì alcuni disturbi subiettivi di origine vestibolare: un leggero stato di vertigine e nausea specialmente quando egli voltava la testa o quando si spostavano rapidamente

oggetti davanti ai suoi occhi. Questi disturbi non limitarono la capacità mentale o muscolare del cosmonauta.

Intanto anche in America si incomincia a pensare l'invio nello spazio di qualche cosmonauta.

Il 28 Aprile 1961 venne fatta una prova generale per il recupero di una capsula in mare. Questa venne infatti lanciata con il vettore Little Jol V e l'esperimento riuscì bene.

Il 5 Maggio 1961 alle ore 9,34 da Cape Canaveral il capitano di Marina Alan B. Shepard iniziava il primo volo suborbitale statunitense (Mercury Freedom 7). Alle ore 9,49 la capsula cadeva in mare vicino alla portaerei « Lake Champlain ». Missile vettore fu un « Redstone »: altezza raggiunta 136 km; gittata 483 km.

Durante questo volo lo Shepard fu sottoposto nella fase di lancio a circa 8 G di accelerazione e quindi entrò in gravità-zero per circa 5'; nel rientro in atmosfera fu sottoposto a circa 10 G di decelerazione.

I dati fisiologici presi accuratamente prima, durante e dopo il volo sono stati ampiamente pubblicati.

Da essi appare quanto segue:

1. L'astronauta fu durante il volo in completa « performance » psico-fisica.

2. Durante i 5' di assenza di gravità non si verificò nessun evento fisio-patologico di rilievo.

3. Durante la transazione del periodo di accelerazione al periodo di imponderabilità i dati delle risposte fisiologiche caddero entro i limiti della normalità.

La frequenza del polso durante il passaggio dello zero-gravità al periodo di rientro in atmosfera si presentò uguale a quella che prima più volte si era osservata quando il pilota in centrifuga umana passava da 1 G a più G.

4. Le funzioni degli organi dei sensi, specialmente visione, organi vestibolari ed udito rimasero intatti durante il volo.

Il secondo lancio suborbitale americano, Mercury Liberty Bell 7, è avvenuto il 21 Luglio 1961 da Capo Canaveral alle ore 7,20 con a bordo il Capitano U.S.A.F. Virgil I. Grissom (detto Guss).

Il volo si compì 16' dopo con conclusione drammatica. Lo sportello di sicurezza della capsula si apriva per cause imprecisate e la capsula piena d'acqua affondava sebbene agganciata da un elicottero della portaerei « Randolph ». L'astronauta veniva salvato. Il missile vettore fu il « Redstone 4 »; l'altezza massima raggiunta 189 km, la gittata 488 km.

Nel volo suborbitale di Grissom si compirono gli stessi eventi fisiologici di quelli registrati durante il volo di Shepard. Ovviamente parecchi dati registrati andarono perduti a causa dell'affondamento della capsula.

Il 13 Settembre 1961 fu lanciato da Cape Canaveral (Mercury IV) un « crewman - simulator », cioè un « robot » con un missile Atlas.

Questo rimase in orbita 89' e cadde vicino alle Bermude.

Fu un volo preparatorio a quello umano e con esso si volle vedere se la capsula che doveva in seguito portare in orbita il futuro cosmonauta fosse resistita alle accelerazioni ed alle decelerazioni.

L'esperimento riuscì ottimamente.

Il 29 Settembre fu eseguito un 2° esperimento preparatorio « il Mercury V ».

Da Cape Canaveral fu messa in orbita una capsula uguale a quella che sarebbe servita per il volo umano: dentro questa capsula fu collocato lo scimpanzè « Enos » di cinque anni, del peso di kg 17 ed alto 96 cm.

Il missile vettore fu un Atlas. La capsula raggiunse un apogeo di 236 km ed un perigeo di 120.

Questa partita alle ore 10,07 compiva solo 2 dei 3 giri prestabiliti a causa dell'intenso calore sviluppatosi.

Il lancio non riusciva a perfezione.

Il 20 Febbraio 1962 gli Stati Uniti lanciarono da Cape Canaveral il primo astronauta nello spazio: il Ten. Col. dei marines John Glenn con il « Friendship Seven ».

La durata del volo fu di 4^h e 56' con 4^h e 27' di imponderabilità.

Il razzo vettore fu un « Atlas ». L'apogeo fu di 261 km, il perigeo di 157 km.

Ecco una sommaria descrizione dei vari eventi fisiologici presentati dal cosmonauta durante l'impresa spaziale.

Il pilota entrò verso le 6 del mattino nella capsula spaziale. Indossava la tuta spaziale. Si distese sul materassino sagomato in posizione supina con la testa e le spalle alzate dal piano orizzontale di 12° e le anche ed i ginocchi flessi a 90°. Cinture attorno alle spalle e all'addome assicuravano il suo corpo al materassino.

Dopo il lancio a causa della inclinazione della capsula egli si trovò non più in posizione supina ma seduto con le spalle in direzione del moto. Durante il rientro per il nuovo assetto preso dalla capsula egli si trovò nuovamente in posizione supina sempre con le spalle in direzione del moto. Dentro la capsula egli era mantenuto in una atmosfera di O₂ al 100/100. Il tempo totale trascorso dentro la capsula prima del lancio fu di 3 ore e 41'. La partenza si svolse secondo il programma.

Le accelerazioni raggiunsero valore di 6,7 G dopo 10'' dal tempo di partenza cioè nel tempuscolo che immediatamente precede il distacco del 1° stadio del missile (BECO) dopo di che le accelerazioni raggiunsero un valore di 1,4 G. Esse raggiunsero in 2' e 52'' 7,7 G nel tempuscolo immediatamente antecedente al distacco del 2° stadio (SECO). Indi iniziò il periodo di assenza di gravità che si protrasse 4ⁿ e 38'. Al rientro si ebbe una nuova punta accelerativa di 3,7 G all'atto dell'apertura del paracadute principale.

I dati fisiologici principali teletrasmessi riguardavano: ecg con due derivazioni, frequenza respiratoria, temperatura corporea, sfigmometria.

Questi dati venivano rilevati da appositi biosensori e i tracciati raccolti a terra furono sempre buoni.

La frequenza cardiaca al momento della partenza ed al momento della separazione del missile vettore dalla nave spaziale raggiunse 114 battiti al 1'. Durante il periodo dell'imponderabilità la frequenza cardiaca variò da 88 a 114 battiti al 1' nei primi 10' e nel restante periodo di zero-gravità si mantenne ad una media di 86 battiti al 1'.

Nel rientro il polso si mantenne a 96, tranne al momento della apertura del paracadute nel quale raggiunse i 134.

L'ecg mostrò ritmo sinusale normale con qualche aritmia.

I valori di pressione arteriosa variavano da 119 a 143 mm Hg per la Mx e da 60 a 81 per la Mn.

È da tenere presente che nella mattinata del lancio i valori riscontrati furono i seguenti: frequenza cardiaca 68, pressione 118/80.

Il pilota eseguì anche un certo lavoro muscolare per breve periodo, consistente in movimenti degli arti superiori, di estensione e di flessione nell'atto di stirare i cavi elastici di un attrezzo ginnico (ergometro).

L'esercizio fu eseguito sopra Zanzibar durante la 1^a orbita. La frequenza cardiaca salì durante questo lavoro muscolare da 80 a 120 al 1' in 30''. Dopo 2' dell'esercizio, però il polso ritornò a 84.

Per la temperatura corporea si constatò un leggero aumento progressivo da 36,5°C a 37,5°C, causato da un non perfetto condizionamento dell'atmosfera interna della capsula.

Le comunicazioni fatte a voce dall'astronauta durante il volo erano accurate e coerenti durante tutto il periodo del volo. La voce per se stessa dava la sensazione di benessere e lo stato mentale appariva appropriato alla situazione. Anche l'umore era normale. Le pronte risposte alle domande facevano capire che non vi era decremento della funzione uditiva.

Anche la funzione visiva si comportò normalmente come poté constatarsi dalla registrazione su nastro magnetico magnetofonico della lettura

delle lettere di varie grandezze di un ottotipo posto nel pannello della capsula.

Sembra che anche la visione in distanza, il senso stereoscopico e la visione dei colori siano rimasti normali.

Non così la visione crepuscolare: il cosmonauta ammise che non faceva a tempo ad adattarsi al buio.

Per quanto riguarda la funzione labirintica esplorata soprattutto nel periodo di imponderabilità non vi furono segni di disturbi anche minimi.

Il cosmonauta riferisce che ogni 30' durante il volo compiva una serie di movimenti della testa onde accertare se gli si fossero presentati vertigini o nausea. I movimenti consistevano nello inclinare il capo da un lato all'altro, in avanti ed all'indietro e nel muovere alternativamente le spalle.

Tali movimenti prima furono eseguiti lentamente a mano a mano che il volo procedeva sempre più rapidamente e vigorosamente fino a quanto poteva essere permesso dalla strettezza della combinazione a pressione.

Non avvertì mai alcun disturbo.

Usò anche a testa fissa il movimento laterale dei globi oculari seguendo la punta di un dito in movimento di lateralità: non ebbe difficoltà a seguire il dito senza avvertire malessere o nausea.

Riguardo alla alimentazione nulla di difficoltoso egli provò nell'ingestione degli alimenti (pasta di mele in tubo tipo dentifricio) e di g 5 di zucchero (xilosio). Poté anche mangiare senza alcuna difficoltà e descrisse il bisogno di urinare come conseguenza di un normale senso di pienezza della vescica.

L'astronauta descrisse la imponderabilità come una piacevole sensazione e asserì che la coordinazione e i movimenti muscolari si compivano normalmente.

Durante il passaggio dalla zero-gravità alle accelerazioni di rientro egli non ebbe nessun disturbo particolare, tranne che in coincidenza della accelerazione provocata dalla accensione dei retro-missili durante la quale ebbe una sensazione di moto in senso contrario al moto.

La stessa sensazione ma in senso inverso egli aveva del resto avvertita durante il SECO (abbandono della capsula da parte del missile vettore) senza peraltro risentire fastidio.

Concludendo pertanto si può dire:

1. Le risposte fisiologiche del cosmonauta Glenn durante il volo orbitale con « Amicizia 7 » alle varie situazioni del volo furono entro i

limiti normali o entro i limiti previsti delle correnti conoscenze della medicina aeronautica.

2. Anche durante il rientro, cioè nel passaggio da zero G (zero G che durò sufficientemente a lungo = 4 ore e 38') a più G non si avverò alcun ché di anormale.

Il 22 Febbraio 1961 a Colomb-Bèchar nel Sahara fu eseguito il 1° esperimento spaziale francese. Venne in questa località lanciato il missile Veronique contenente il ratto « Hector ».

Al ratto « Hector » furono impiantati elettrodi a livello della corteccia cerebrale, della sostanza reticolata mesencefalica, nei muscoli della nuca e nel pilastro anteriore del diaframma.

Quest'ultimo trasmetteva attraverso la stessa via, la frequenza respiratoria e la frequenza cardiaca. Tutti i dati fisiologici venivano teletrasmessi e raccolti al suolo.

L'animale era contenuto in una scatola stagna piena di O₂ con sostanze assorbenti di CO₂.

Durante il lancio che raggiunse i 110 km di quota l'animale subì una accelerazione iniziale di 9 G, e quando il missile vettore si esaurì, una decelerazione di 14 G. Durante il periodo balistico l'animale venne sottoposto a rotazioni varie. Comunque mai fu sottoposto a zero-gravità.

Per quanto riguarda i dati fisiologici i risultati furono i seguenti: Durante il moto propulsivo si ebbe una diminuzione della frequenza cardiaca e respiratoria, fenomeno questo che deve imputarsi ad una reazione emozionale dell'animale (pare infatti che i ratti reagiscono ai fatti emozionali diminuendo, anziché aumentando la loro frequenza cardiaca).

Per quanto riguarda le correnti d'azione cerebrali si notò una certa attivazione corticale e poi una tendenza alla sincronizzazione lenta del ritmo.

Il 24 Maggio 1962 fu eseguito il 2° volo orbitale americano. Venne lanciato nello spazio il cosmonauta Malcolm Scott Carpenter, di 37 anni di età, Ufficiale della Marina Statunitense. Egli compì in meno di 5 ore, 3 giri orbitali attorno alla terra.

La capsula spaziale « Aurora 7 », avente il peso di 1814 kg fu messa in orbita da un vettore Atlas (spinta 162.000 kg), partendo da Cape Canaveral alle ore 7,45 locali (18 e 45 italiane) ed entrando in orbita alle ore 7,50. La seconda orbita iniziava alle 9 e 12 e la terza alle 10 e 53. Alle ore 12 e 19 erano accesi i razzi frenanti e alle 12 e 41 veniva raggiunta

la superficie del mare. Alle 15 e 30 un elicottero raccoglieva l'astronauta, dopo 2 ore e 49 primi di permanenza in acqua. Il volo era durato 4 ore e 54 minuti.

Carpenter aveva eseguito il rientro agendo sui comandi manuali non avendo funzionato debitamente il sistema automatico.

Durante l'involo il cosmonauta fu sottoposto a una accelerazione di 8 G, la decelerazione in rientro raggiunse 7,5 G. La velocità del mezzo durante il rientro discendeva a 28.000 km/h (velocità orbitale) a 430 km/h in 5 minuti. Durante i periodi orbitali la capsula raggiungeva una massima distanza dalla superficie terrestre di 260 km, mentre il perigeo era di 150 km.

Durante i voli orbitali la temperatura dell'ambiente interno dell'abitacolo raggiunse 39 °C (2ª orbita). La temperatura entro la tuta era di 28°; quella corporea di Carpenter raggiunse 38,9 °C; per questo l'astronauta ebbe una eliminazione di sudore assai intensa. La telemetrazione di grandezze fisiologiche faceva rilevare una notevole irregolarità della frequenza cardiaca, talora « incredibilmente rapida ». Anche la pressione arteriosa subiva sbalzi (210/60 durante l'ultima orbita).

Durante il volo Carpenter ha ripreso fotografie, ha constatato la possibilità di far variare l'assetto della capsula con movimenti del proprio corpo, ha osservato il comportamento di masserelle di acqua lasciate fluttuare in zero-gravità.

Il cosmonauta si alimentò con cibi pastosi in tubetti e con cibi solidi entro appositi involucri che avrebbero dovuto impedire il diffondersi di briciole. Queste però si formarono lo stesso e poiché galleggiavano diedero parecchio fastidio al cosmonauta.

Al riguardo di questo 2° volo orbitale umano si attendono però ulteriori notizie biologiche da parte dei responsabili americani.

CONCLUSIONI.

L'esame dei dati raccolti in questa ormai consistente serie di esperimenti orbitali e suborbitali eseguiti con animali e con uomini mostra come ancora non conosciamo con chiarezza e sicurezza cosa dal punto di vista biologico accada nell'organismo lanciato nello spazio.

Da una parte vi sono elementi i quali dimostrerebbero una apparente normalità delle funzioni corporee, dall'altra vi sono elementi che ci potrebbero far supporre il contrario. Ad esempio negli esperimenti russi con gli animali traspare una certa instabilità cardio-circolatoria specialmente durante il periodo della zero-gravità, instabilità che sebbene in

misura leggera pare sia stata riscontrata anche in Gagarin. Il prolungamento della eiezione ventricolare ed il prolungato tempo di ritorno alle condizioni normali della frequenza cardiaca, la deformazione di qualche accidente ecgrafico configurerebbero tale instabilità cardio-circolatoria.

Questa instabilità del resto era già stata osservata da Van Bech fin dal 1953 in voli parabolici: questo autore infatti trovò il ritmo cardiaco perturbato nelle accelerazioni che seguivano il periodo di gravità, come trovò anche una notevole diminuita resistenza alle accelerazioni dopo agravità. Infatti il velo nero appariva prima del tempo e durava più a lungo.

Se questi dati venissero confermati si potrebbe supporre che vi è in regime di imponderabilità qualche cosa che turba la funzione dei barocettori, costruiti per rispondere alla accelerazione di 1 G od anche che vi siano perturbazioni a livello delle formazioni corticali che assicurano la regolazione circolatoria.

Anche per quanto riguarda la funzione labirintica si notano dei contrasti sia con i dati sperimentali sia fra quanto asserito da Titov e quanto asserito dai cosmonauti americani.

Infatti i dati sperimentali (voli parabolici, Torre di subgravità) parlano per chiari disturbi labirintici estrinsecantisi soprattutto in fenomeni di incoordinazione motoria (invero migliorabili dopo allenamento) ed anche Titov descrive fenomeni di nausea e vertigini addebitabili a non regolare funzionamento del labirinto. Questi fenomeni sono stati negati dagli astronauti statunitensi e soprattutto da Glenn il quale addirittura cercò provarli con realizzare una fenomenologia da accelerazioni tipo Coriolis senza peraltro riuscirvi.

Anche per quanto riguarda la ingestione di alimenti vi sono pareri non uniformi: qualche autore ha infatti osservato in parecchi soggetti in istato di imponderabilità nei voli parabolici un frequente defluire attraverso il cardias verso la via esofagea delle vivande ingerite quando si comprimeva la parete addominale.

Come si vede dunque ancora molto ci dobbiamo aspettare sia dalle ricerche sperimentali di laboratorio, sia soprattutto dalle osservazioni di animali ed uomini lanciati in volo orbitali di più lunga durata che non quelli fino ad oggi eseguiti.

Le osservazioni certamente prenderanno altro rilievo nei futuri voli extraterrestri sia per la varietà delle componenti accelerative e di imponderabilità a cui si andrà incontro sia per la maggiore e più prolungata sopportazione ad altra situazione che già si intravedono in questi iniziali voli orbitali.