

# FISIOLOGIA DEL VOLO

## 1 - L'ANOSSIA E LA RESPIRAZIONE AD ALTA QUOTA

### 1.1 - L'anossia e i suoi sintomi

L'anossia, o ipossia, è la condizione che si verifica quando i tessuti del corpo non trovano a loro disposizione la sufficiente quantità di ossigeno.

In aviazione questa condizione è generalmente provocata dal fatto che si respira l'aria meno densa che si trova alle alte quote.

Altre cause che possono provocare l'anossia sono le malattie che riducono la quantità dei globuli rossi nel sangue, e la presenza di sostanze tossiche che sottraggono ossigeno ai globuli rossi. Questi fattori si possono combinare, così da variare di volta in volta la capacità di uno stesso pilota di sopportare l'alta quota.

La caratteristica più pericolosa dell'anossia è il modo insidioso in cui comincia a manifestarsi. Essa produce infatti, generalmente, un senso di benessere, che può anche giungere a rendere il pilota euforico, così da appannare le sue capacità di giudizio e di valutazione.

Poiché non è in grado di riconoscere lo stato anossico in cui si trova, il pilota è portato a credere che le cose stiano andando nel migliore dei modi, mentre invece è avviato verso la totale incapacità mentale e fisica.

Anche se l'insorgere dello stato anossico non si manifesta per tutti nello stesso modo, uno o più dei seguenti sintomi sono sempre presenti:

- ◊ attenuata capacità di giudizio,
- ◊ aumento del ritmo respiratorio,
- ◊ sensazione di leggerezza o capogiro,
- ◊ formicolio o sensazione di calore,
- ◊ traspirazione,
- ◊ attenuazione del senso della vista,
- ◊ cefalea (mal di testa),
- ◊ sonnolenza,
- ◊ cianosi (colorazione bluastra della pelle, delle unghie, e delle labbra),
- ◊ mutevolezza d'umore.

Immaginando di poter osservare ciò che accade a una persona posta a bordo di un aereo non pressurizzato che continuasse a salire, si noterebbe il passaggio delle sue condizioni attraverso i seguenti stadi:

1. Stadio della normalità, fino a circa 7.000 piedi.
2. Stadio della depressione dei riflessi, intorno ai 10.000 piedi, dove l'organismo comincia a mettere in atto le reazioni a carattere compensatorio.
3. Stadio dell'esaltazione dei riflessi, intorno ai 15.000 piedi.
4. Stadio degli spasmi e delle convulsioni, intorno ai 20.000 piedi, che conduce allo scoordina-

Quota in piedi	Tempi di conservazione della conoscenza
40.000	15 Secondi
35.000	20 secondi
30.000	30 secondi
28.000	1 minuto
26.000	2 minuti
24.000	3 minuti
22.000	6 minuti
20.000	10 minuti
15.000	Indefinito

Fig. 7.1 - I tempi medi di conservazione della conoscenza senza l'uso di ossigeno supplementare a diverse quote.

mento dei riflessi, e, perdurando lo stato di anosmia, porta rapidamente alla paralisi.

La tabella di figura 7.1 mostra i tempi medi di conservazione della conoscenza a diverse quote, rilevati dall'Ufficio di Medicina Aeronautica dell'FAA americana.

Molti piloti ritengono erroneamente che sia possibile avvertire i sintomi dell'insorgere dell'anossia, e quindi intraprendere le azioni correttive necessarie. E', questa, una teoria estremamente pericolosa, proprio perché uno dei primi sintomi dell'anossia è la diminuita capacità di valutazione: perciò, anche se si riesce ad avvertire un sintomo rivelatore, esso viene facilmente trascurato o sottovalutato.

## 1.2 - L'ossigeno supplementare

Quando l'anossia è provocata dal volo ad alta quota, può essere evitata scendendo, o respirando ossigeno prelevato da altra fonte.

La respirazione di ossigeno supplementare in quota permette di evitare l'insorgere dell'anossia, in quanto riporta a valori normali la pressione parziale dell'ossigeno negli alveoli polmonari. La somministrazione dell'ossigeno può avvenire con continuità, a intermittenza, o a domanda tramite speciali erogatori.

I tipi di impianto per la respirazione dell'ossigeno supplementare con cui vengono equipaggiati gli aerei che hanno quote di tangenza elevate (in genere quelli con motori a turbina o con motori turbocompressi), variano a seconda delle necessità.

Il più semplice ed economico, installabile su qualunque tipo di aereo, è quello a flusso continuo, così detto perché invia alle maschere degli utilizzatori una quantità di ossigeno costante.

Come illustra la figura 7.2, un impianto a flusso continuo è in genere costituito da una bombola ad alta pressione (1) che fa da serbatoio; da un regolatore (2) che riduce la pressione nell'impianto, collegato con una valvola ON/OFF (3) comandabile dal posto di pilotaggio; e da un sistema di distribuzione (4) che porta l'ossigeno alle bocchette (5) situate in prossimità di ogni sedile, entro le quali i passeggeri possono infilare i connettori delle maschere.

Le bombole, di solito riempite alla pressione massima di 1800 psi, devono sottostare a una serie di prove di certificazione che ne garantiscono l'integrità e la durata.

Le case costruttrici forniscono sia bombole destinate a far parte di installazioni fisse come quella di figura 7.2, sia bombole portatili con le quali rendere utilizzabili ad alta quota anche aerei non altrimenti attrezzati.

I regolatori hanno la funzione di abbassare la pressione dell'ossigeno al valore che consente di ottenere il flusso (espresso in litri/minuto) necessario a soddisfare le esigenze della respirazione. Tenendo conto che, per evitare l'anossia, ogni persona ha bisogno di inspirare circa 1 litro di ossigeno al minuto per ogni 10.000 piedi di quota, i regolatori devono essere tarati per erogare 1,5 l/m a 15.000 piedi, 2 l/m a 20.000, e così via.

I regolatori possono essere manuali o automatici; in genere quelli manuali, regolabili dal pilota mediante un'apposita manopola e la lettura di un manometro con la scala graduata in litri/minuto, sono applicati alle bombole portatili.

Quelli automatici, il cui funzionamento è basato sulla differenza di pressione esistente fra la cabina e la bombola, sono invece perlopiù destinati agli impianti fissi.

Dopo il passaggio attraverso il regolatore, l'ossigeno viene inviato alle bocchette di distribuzione, atte ad accogliere i connettori delle maschere. Sia le bocchette sia i connettori delle maschere sono standardizzati, così da consentire l'intercambiabilità.

Il funzionamento della maschera è illustrato dalla figura 7.3.

Al punto 1 l'utilizzatore sta iniziando l'inspirazione: la quantità di ossigeno presente nel sacchetto è tanto maggiore quanto minore è la pressione esterna.

Al punto 2, dopo lo svuotamento del sacchetto, l'utilizzatore inspira aria esterna attraverso i fori appositamente praticati nella maschera.

Al punto 3, parte dell'aria espirata va a gonfiare il sacchetto mescolandosi con nuovo ossigeno, mentre la rimanente viene espulsa attraverso i fori della maschera.

## 1.3 - La pressurizzazione

Gli aerei progettati per volare regolarmente ad alta quota hanno ormai tutti la cabina pressurizzata. La pressurizzazione della cabina previene l'insorgere dell'anossia in quanto permette agli occupanti di respirare aria mantenuta a un valore di pressione convenientemente maggiore di quello esterno.

Sugli aerei leggeri, il valore massimo della differenza di pressione, o **pressione differenziale**, fra la cabina e l'esterno si aggira di solito fra 4,2 e 5,5 psi (1 atmosfera = 14,7 psi).

Gli impianti di pressurizzazione moderni permet-

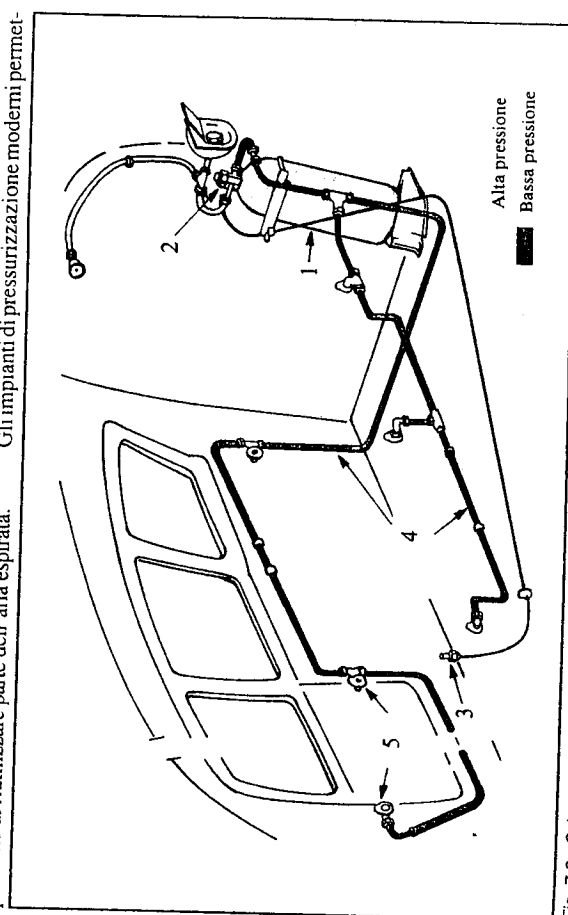


Fig. 7.2 - Schema di un impianto di ossigeno a flusso continuo installato su un velivolo leggero.

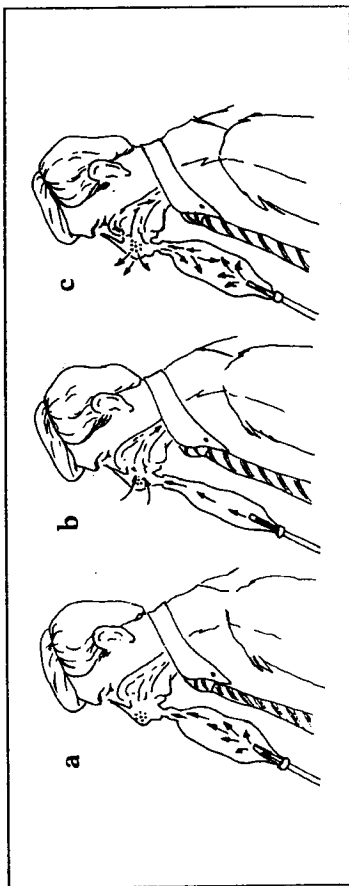


Fig. 7.3 - Le tre fasi di utilizzo di una maschera: (a) inspirazione dell'ossigeno contenuto nel sacchetto; (b) inspirazione aria esterna; (c) espirazione.

tono di graduare la pressione di cabina durante le salite e le discese, così da mantenerne il rateo di variazione entro valori confortevoli; per esempio, mentre l'aereo sale o scende con un rateo di 1500 ft/min, il pilota può regolare l'impianto in modo che la cabina "salga" o "scenda" con un rateo di soli 250 ft/min.

All'occorrenza, la cabina può essere mantenuta "al livello del mare" fino alla quota alla quale viene raggiunta la massima pressione differenziale per la quale l'impianto è certificato, che in genere si aggira fra gli 8.000 e i 12.000 piedi. Dopodiché l'altitudine di cabina aumenta gradualmente man mano che l'aereo sale.

Il diffondersi della pressurizzazione sugli aerei a pistoncini è andato di pari passo col diffondersi dei motori sovralimentati, il cui turbocompressore fornisce un mezzo semplice ed economico per prelevare l'aria dall'esterno e "pomparla" in cabina.

La cabina pressurizzata, oltre a consentire di volare ad alta quota senza il fastidio di indossare la maschera e di sentirsi "legati" alla bocchetta dell'ossigeno, offre anche un ambiente fisiologicamente più confortevole.

Anche gli aerei pressurizzati, in vista di una possibile depressurizzazione in quota indotta da cause accidentali o dal malfunzionamento dell'impianto, devono essere dotati di ossigeno supplementare in quantità sufficiente da consentire la respirazione a tutti gli occupanti almeno per il tempo necessario a scendere.

#### 1.4 - L'uso dell'ossigeno

I risultati di ricerche svolte da specialisti in fisiologia del volo, suggeriscono che le persone in normale stato di salute, durante lo svolgimento delle funzioni di pilota in cabine non pressurizzate, usino regolarmente l'ossigeno supplementare a partire dai 12.000 piedi di giorno, e dai 10.000 piedi di notte, quando la riduzione della funzione visiva indotta dalla carenza di ossigeno nel sangue può avere conseguenze gravi sulla sicurezza del volo.

Prima di qualunque volo che preveda l'impiego dell'ossigeno supplementare, il pilota deve calcolare l'autonomia, né più né meno come fa col carburante.

Quando l'aereo è equipaggiato con un impianto fisso, il manuale d'impiego porta un grafico che consente di ricavare l'autonomia oraria in funzione della quantità di ossigeno e delle persone a bordo. Le bombole portatili sono invece di solito accompagnate da una tabella equivalente.

I piloti, oltre all'obbligo di conoscere perfettamente l'impianto che si apprestano a usare, hanno anche quello di istruire convenientemente i passeggeri circa l'uso delle maschere e circa determinate precauzioni da prendere.

I punti da sottolineare in modo particolare sono i seguenti.

◊ Durante l'impiego dell'ossigeno, a bordo deve essere assolutamente vietato fumare e accendere fiamme libere.

◊ Ogni passeggero deve tenere sotto controllo l'indicatore di flusso della propria maschera per verificare che si mantenga di colore verde.

◊ La scritta "use no oil", di solito riportata sulle bombole, mette in guardia dal portare ossigeno libero a contatto di qualunque sostanza a base di petrolio, la quale potrebbe incendiarsi per combustione spontanea.

L'avvertimento vale anche per i rossetti, le creme protettive per le labbra, le creme di bellezza, e i fondo-tinta usati dalle signore, che devono pertanto essere accuratamente tolti dal volto prima di indossare la maschera dell'ossigeno.

◊ Perché possano svolgere efficacemente la loro funzione, le maschere devono aderire al volto in modo da assicurare una chiusura "a tenuta stagna". Per questa ragione portano un bordo deformabile che può essere adattato ai lineamenti del volto, ed elastici di lunghezza variabile che possono essere adattati alle dimensioni della testa. La cattiva aderenza della maschera al volto può causare sia l'ingresso di aria durante l'inspirazione, e perciò eccessiva diluizione dell'ossigeno, sia la fuga di ossigeno durante l'espirazione, e perciò inutile dispersione e riduzione dell'autonomia.

Di questo fatto devono tenere particolarmente conto coloro, specialmente piloti, che portano barba e/o baffi.

Da prove eseguite in laboratorio, è risultato che determinate conformazioni di questi attributi maschili sono incompatibili con l'efficace e sicuro impiego delle maschere dell'ossigeno.

#### 2 - L'IPERVENTILAZIONE POLMONARE

Normalmente il centro cerebrale preposto al controllo della respirazione reagisce alla quantità di anidride carbonica prodotta dal corpo durante la combustione per la produzione di energia.

Quando una persona si trova in stato di riposo, il centro della respirazione "sente" la quantità di anidride carbonica presente nel sistema circolatorio, e stabilizza il ritmo respiratorio a 12-16 inspirazioni al minuto.

L'attività fisica comporta un uso maggiore di ossigeno da parte delle cellule del corpo, e ciò si traduce in un aumento della produzione di anidri-

de carbonica. Il centro della respirazione, "sentendo" la maggior quantità di anidride carbonica nel sangue, induce un aumento sia del ritmo sia della profondità delle inspirazioni, al fine di eliminare l'anidride carbonica in eccesso.

Un anormale aumento del ritmo e della profondità delle inspirazioni provoca l'**iperventilazione polmonare**.

Nel contesto dell'attività di volo, l'iperventilazione si manifesta come risultato di tensione emozionale, ansietà, apprensione. La risultante eccessiva asportazione di anidride carbonica può produrre i seguenti sintomi, che sono a volte erroneamente scambiati per ansia:

- ◊ sensazione di forte calore,
- ◊ nausea,
- ◊ formicolio alle dita, sia delle mani sia dei piedi,
- ◊ spasmi muscolari,
- ◊ perdita di conoscenza.

Può succedere di ritenere di essere affetti da ansia quando si sta invece solo producendo iperventilazione polmonare. Ciò può succedere in special modo ai piloti non sufficientemente informati circa l'uso dell'impianto di distribuzione dell'ossigeno.

Qualora succedesse di avvertire sintomi che lasciano in dubbio fra l'ansia e l'iperventilazione, è raccomandabile fare due o tre inspirazioni profonde di ossigeno puro. Se ci si trova in condizioni di ansia, i sintomi dovrebbero diminuire notevolmente. Se, invece, i sintomi persistono, allora è necessario uno sforzo di volontà per ridurre il ritmo respiratorio, oppure per trattenerne il respiro per 30-45 secondi prima di riprendere a respirare normalmente.

Un buon sistema per rimettersi da uno stato di iperventilazione è quello di reinspirare l'aria espirata, o mediante il sacchetto di plastica applicato alla maschera dell'ossigeno, oppure espirando in un sacchetto di plastica o di carta da tenere sul volto.

Poiché l'iperventilazione è principalmente causata da tensione e ansietà, coloro che vanno soggetti a questi stati emozionali devono sforzarsi di rilassarsi e rallentare il ritmo respiratorio.

### 3 - GLI EFFETTI DELLE VARIAZIONI DI PRESSIONE

Come sappiamo, il volume di un gas varia in modo inversamente proporzionale alla pressione cui il gas è soggetto. Indicativamente, il volume di una certa quantità di gas presa al livello del mare, si raddoppia a 18.000 piedi, e si triplica a 25.000.

Quando dei gas sono racchiusi nelle cavità del corpo, quali l'orecchio medio, i seni nasali, e l'intestino, le variazioni di volume cui essi vanno soggetti con la quota possono provocare quella dolorosa condizione che va sotto il nome di **disbarismo**.

Tale condizione può essere provocata sia da una variazione di quota in un aereo non pressurizzato, sia dalla decompressione di uno pressurizzato.

#### 3.1 - L'orecchio medio

Come illustrato in figura 7.4, l'orecchio medio è una cavità occupata dall'aria, che è in comunicazione con l'esterno attraverso la Tromba di Eustachio. Essa termina sulla parte posteriore della gola, ed è assimilabile a una valvola che permette all'aria di defluire dall'orecchio molto più facilmente di quanto non le sia concesso di fare in senso inverso.

Pertanto, durante le salite, il timpano va soggetto a maggior pressione sulla sua superficie interna, e si gonfia verso l'esterno finché l'aria non defluisce attraverso la Tromba di Eustachio ristabilendo la pressione.

Per la sopracitata caratteristica della valvola, la pressione si ristabilisce sempre rapidamente, e quindi non si avvertono disturbi particolari.

Durante le discese la situazione si inverte, e il timpano si gonfia verso l'interno. I sintomi conseguenti che si avvertono sono la tensione del

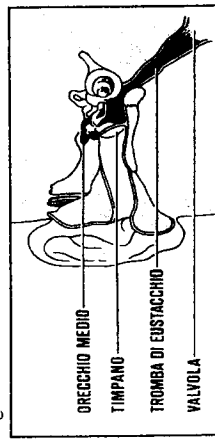


Fig. 7.4 - L'orecchio medio.

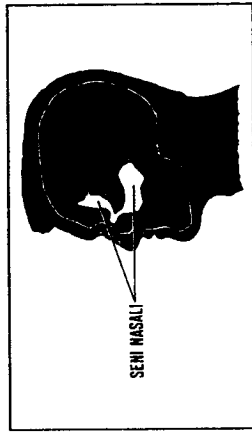


Fig. 7.5 - I seni nasali.

timpano stesso, una parziale perdita dell'udito, e un senso di disagio che si può trasformare in una sensazione dolorosa se la valvola non permette all'aria di arrivare all'orecchio medio.

Per facilitare l'apertura della valvola si consiglia di masticare, deglutire, o sbadigliare, in modo da muovere i piccoli muscoli che comandano l'apertura della Tromba di Eustachio. Se ciò non dà risultati è consigliabile usare il metodo detto di Valsalva, che consiste nel tappare le narici e soffiare nel naso in modo da far aumentare la pressione interna per forzare l'aria nell'orecchio medio.

Quando si va in volo afflitti da raffreddore si è molto più soggetti a questo tipo di inconveniente. Il pilota deve tenerne conto, oltre che per se stesso, per i passeggeri, specialmente quando fra di essi ci siano bambini in tenera età.

#### 3.2 - I seni nasali

Come mostra la figura 7.5, i seni nasali sono cavità piene d'aria che comunicano con l'esterno attraverso il naso. A volte può succedere che si blocchino in seguito a variazioni di pressione. Quando ciò succede si può eliminare l'ostruzione usando le stesse tecniche valide per liberare l'orecchio medio.

#### 3.3 - L'intestino

Al livello del mare l'intestino contiene normalmente circa un litro di gas. Durante la salita ad alta quota questi gas, espandendosi, può provocare disturbi.

Poiché la quantità di gas intestinale è strettamente legata all'alimentazione, quando si prevede di dover volare ad alta quota è consigliabile evitare l'ingestione di cibi che favoriscono la formazione di gas.

Infine, l'aria secca del volo in quota induce il corpo a consumare le proprie riserve d'acqua. Senza per altro far insorgere lo stimolo della sete. Ciò può provocare disidratazione.

#### 4 - LA DECOMPRESSIONE

Durante i normali processi fisiologici, nel sangue e nei fluidi intracellulari si trova disciolta una notevole quantità di gas, principalmente azoto. Se la pressione all'esterno del corpo si riduce bruscamente, questi gas tendono a uscire dalla soluzione liquida, e passano appunto allo stato gassoso formando numerosissime bollicine che possono provocare forti dolori.

Questa reazione provoca effetti praticamente impercettibili durante la salita in un aereo non pressurizzato, ma gli effetti diventano rilevantisimi quando un aereo pressurizzato che vola ad alta quota perde la pressurizzazione. Le bollicine di azoto che si liberano nel sangue possono provocare dolori in varie parti del corpo. Le più soggette sono le articolazioni e il sistema respiratorio.

Questi sintomi si manifestano raramente sotto i 20.000 piedi, a meno che nelle 12 ore precedenti non si sia esercitata attività subacquea. In tal caso, infatti, il sangue è ancora carico dell'azoto accumulato durante l'immersione, dove la pressione è molto maggiore del normale, e quindi maggiore risulta la formazione di bollicine salendo in quota o subendo una decompressione.

Gli effetti delle bollicine presenti nel corpo sono normalmente avvertiti dopo un certo tempo dal momento in cui si verifica la decompressione che produce. Se, per esempio, la pressurizzazione dell'aereo viene a mancare a quote comprese fra i 35.000 e i 40.000 piedi, prima che una persona in normale stato di salute soffra di gravi sintomi dovuti alla presenza di azoto gassoso nel corpo, devono passare circa 20 minuti.

Il pericolo maggiore di una **decompressione rapida** ad alta quota è comunque rappresentato dalla conseguente ansiosa.

Perciò, in questi casi si deve usare subito la maschera dell'ossigeno, e scendere quanto più rapidamente possibile a quote inferiori.

**5 - LA TENSIONE E L'AFFATICAMENTO**

L'analisi delle cause degli incidenti aerei è sempre stata fondamentale per la sicurezza del volo. Nel corso della breve ma intensa storia dell'aviazione, le statistiche mostrano che agli inizi le cause preminenti erano da imputare alla precarietà dei mezzi aerei: i motori erano pochissimo affidabili, la meccanica del volo era poco conosciuta, e molte insidie meteorologiche erano totalmente ignorate.

L'errore umano incidere in una percentuale non certo trascurabile, ma di gran lunga minore di quella delle cause tecniche.

Oggi, dopo novant'anni di progresso e di conoscenze attinte da tutti i campi scientifici e dalle più svariate tecnologie, con quella spaziale in primo piano, la situazione è completamente capovolta, e la quasi totalità degli incidenti aerei va direttamente o indirettamente imputata all'uomo. Forse in poche altre attività umane il detto greco "conosci te stesso" ha tanta importanza quanto ne ha per l'uomo che vola, sia egli il deltaplanista o il comandante del Concorde.

Ciò è dimostrato dalla quantità di studi svolti al più alto livello in tutti i Paesi avanzati, aventi lo scopo di conoscere quello che è comunemente chiamato fattore umano (vedere il prossimo capitolo), analizzando e cercando di capire il perché

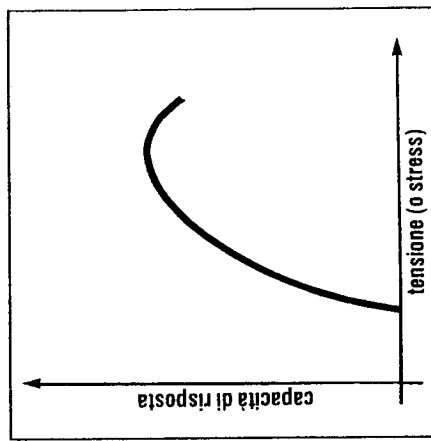


Fig. 7.6 - L'andamento della capacità di risposta dell'uomo all'aumentare dello stress cui viene sottoposto.

dei comportamenti umani nelle varie fasi del volo, particolarmente quando il pilota è sottoposto a un intenso carico di lavoro in situazioni poco tranquille.

### 5.1 - La tensione, o stress

La NASA ha elaborato la curva di figura 7.6, che mostra l'andamento delle capacità di risposta dell'uomo in funzione dello stress cui è sottoposto. Dalla curva si deduce chiaramente che al crescere della tensione del soggetto, tensione provocata dalla richiesta di concentrazione, di attenzione, e via via di tutte le doti possedute dall'uomo, la sua capacità di risposta cresce inizialmente con andamento sostenuto fino a raggiungere un picco, oltre il quale scende e in breve si annulla.

A questo punto il pilota è, come si suol dire, "nel pallone"; il suo cervello è come paralizzato, non riesce a imbastire il più semplice dei ragionamenti, non riesce a ricordare le cose più necessarie, e quindi non riesce a prendere le decisioni che la situazione richiederebbe.

Tutto ciò aiuta a capire come certi incidenti altrimenti inspiegabili possano accadere. Ogni pilota ha la sua curva, il cui picco è tanto più alto e spostato a destra quanto maggiore è l'esperienza e la preparazione. Ma poiché lo stress può crescere indefinitamente, esiste per tutti un limite, oltrepassato il quale si diventa a ogni effetto incapaci di intendere e di volere (oltre che di volare). Ogni pilota ha il dovere di rimanere costantemente ben al di qua di questo limite.

Per raggiungere l'obiettivo ci sono due modi, entrambi da perseguire con tenacia.

**Cultivare se stessi** aumentando la propria preparazione e riconoscendo con umiltà che quanto è ancora possibile fare per migliorarsi e imparare è sempre molto di più di quanto si è già fatto o già si sa.

Così facendo si allontana viepiù la soglia oltre la quale si comincia a perdere la tranquillità, per passare in uno stato prima di inquietudine, poi di preoccupazione, e infine di panico, man mano che ci si inoltra nell'"ignoto".

**Imparare a pensare avanti** e a programmare in anticipo le operazioni da svolgere: la mente del

pilota deve cioè sempre precedere l'aereo di almeno alcune decine di secondi lungo la traiettoria di volo. In tal modo si riesce a diminuire il carico di lavoro, e quindi la tensione.

### 5.2 - L'affaticamento

L'affaticamento è un altro fattore che comporta l'affievolimento dell'efficienza dell'individuo. Un pilota affaticato può, in una situazione di emergenza o di elevato carico di lavoro, mancare della necessaria rapidità di riflessi per fronteggiarla.

L'affaticamento può essere provocato da diverse cause.

Quello che deriva da una prolungata attività di volo prende il nome di **fatica operazionale**, i cui sintomi possono essere i seguenti:

- ◊ grande stanchezza,
- ◊ bisogno di dormire,
- ◊ mal di testa,
- ◊ tempi di reazione più lunghi e difficoltà di concentrazione.

L'affaticamento mentale può inoltre essere provocato da carenza di sonno, da continua necessità di sbrigare in fretta i propri affari, da frequenti interruzioni dei normali ritmi di lavoro, da situazioni di emergenza, nonché da interruzioni della normale vita familiare.

Il pilota che sente sintomi di affaticamento deve **evitare di andare in volo**.

## 6 - LA VISTA

La facilità con cui un oggetto può essere visto dipende da molti fattori, quali l'illuminazione, il contrasto, la prospettiva, il tempo di permanenza nel campo visivo, la trasparenza dell'atmosfera. Fino a un certo punto, la carenza di uno di questi fattori può essere compensata da un aumento di un altro. Ad esempio, un aereo può essere reso visibile aumentandone il contrasto mediante l'uso di apposite colorazioni o luci esterne.

Anche il metodo di osservazione di un oggetto influenza la nitidezza dell'immagine. Per vedere chiaramente un oggetto normalmente illuminato si deve guardare direttamente all'oggetto stesso. Di notte, invece, si devono dirigere gli occhi a

circa  $4^\circ \pm 1^\circ$  dal centro dell'oggetto.

L'area dell'occhio sensibile alla luce è la retina. Come illustrato in figura 7.7, questo strato fotosensibile è costituito da due elementi principali: i coni e i bastoncelli. I coni sono più numerosi nella zona centrale della retina, e forniscono la miglior immagine quando l'illuminazione è, indicativamente, superiore a quella che si ha con la luna piena. Al di sotto di questa intensità, i coni diventano praticamente inutilizzabili, e il loro posto viene preso dai bastoncelli.

I bastoncelli forniscono quindi la maggior parte delle immagini notturne, ma richiedono un certo tempo a predisporre per consentire la visione. Ognuno di noi ha sperimentato l'ingresso in un ambiente semibuio proveniente da un ambiente illuminato, quando si cominciano a discernere gli oggetti solo dopo parecchi secondi, per poi vedere sempre meglio man mano che il tempo passa. Per un adattamento completo dell'occhio all'oscurità sono necessari circa 30 minuti. Se però si è trascorso un intero pomeriggio in pieno sole, possono essere necessarie fino a 5 ore. I piloti che volano di notte devono tenere presenti questi tempi, e una volta che i loro occhi si sono adattati al buio, devono evitare, per quanto possibile, di guardare sorgenti luminose intense.

La percezione della profondità dell'immagine comincia a venir meno a 7 metri dall'occhio.

Poiché il pilota, specie se vola a vista, deve continuamente preoccuparsi di avvistare gli altri aerei per evitare le collisioni, è importante che egli sappia qual è la tecnica migliore per scandagliare con l'occhio lo spazio intorno a sé.

Studi condotti in proposito della NASA hanno permesso di stabilire che l'avvistamento dei trafficanti in volo può essere efficacemente realizzato suddividendo lo spazio da sorvegliare in una serie

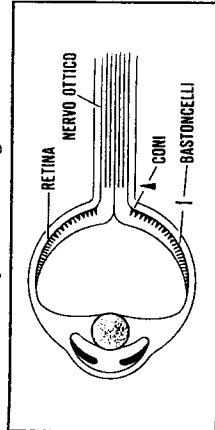


Fig. 7.7 - Costituzione della retina.

Fig. 7.8 - Le sequenze di scandaglio consigliate per una più efficace osservazione dello spazio esterno.

di 8+10 blocchi dell'ampiezza di  $10^\circ \pm 15^\circ$ , entro ognuno dei quali fissare lo sguardo per un paio di secondi, così da permettere la messa a fuoco del campo visivo.

Lo spostamento dello sguardo va fatto muovendo gli occhi, e poco la testa, perché, quando la testa si muove, la visione risulta sfocata e la mente non registra la presenza degli oggetti incontrati dagli occhi.

Le sequenze di scandaglio consigliate sono mostrate in figura 7.8. Con la prima si deve partire da sinistra verso destra soffermando lo sguardo su ognuno dei blocchi, e quindi ritornare al settore di sinistra passando per il pannello strumenti. Con la seconda si deve invece partire dal blocco centrale e procedere verso sinistra passando con lo sguardo di blocco in blocco, giunto sull'ultimo, lo sguardo deve ritornare rapidamente al centro, e da qui procedere lo scandaglio fino all'ultimo blocco di destra, dal quale deve tornare al centro dopo il passaggio sul pannello strumenti.

## 7 - LE SENSAZIONI ILLUSORIE

### 7.1 - Il disorientamento spaziale

Nell'ambito dell'aviazione generale, i piloti che si spingono in condizioni strumentali (IMC) senza avere la necessaria preparazione, e, quasi sempre, continuando a operare secondo le regole del volo a vista (VFR), rappresentano una delle categorie che provocano il maggior numero di incidenti in tutto il mondo.

La causa principale che porta alla perdita di controllo dell'aereo e/o della consapevolezza della posizione, è il **disorientamento spaziale**.

Le ragioni per cui chi vola in assenza di visibilità esterna senza avere la dovuta esperienza, pur con tutti gli strumenti necessari a bordo, perde irrimediabilmente il controllo dell'aereo nel giro di pochi minuti, sono principalmente due, una conseguenza dell'altra.

La prima è che il pilota non sa osservare gli strumenti in modo appropriato e non sa interpretarne correttamente le indicazioni, per cui interviene sui comandi nel modo e nel tempo sbagliati. La seconda è che, quando si accorge che l'aereo ha raggiunto assetti non desiderati, egli applica correzioni eccessive e scoordinate.

Sollecitati dalle accelerazioni indotte dalle manovre, gli organi dell'equilibrio mandano al cervello segnali che, non potendo essere integrati dai riferimenti visivi mancanti, creano sensazioni non aderenti alla realtà, chiamate appunto sensazioni illusorie.

Il pilota inesperto asseconda queste sue sensazioni, aprendo così la porta al disorientamento spaziale e alle vertigini, e perciò alla perdita di controllo dell'aereo.

Nell'orecchio interno si trova l'organo vestibolare, od organo dell'equilibrio, i cui ricettori nervosi, avvertendo la posizione del corpo rispetto allo spazio, consentono il mantenimento dell'equilibrio e l'orientamento durante gli spostamenti.

Attraverso complesse interconnessioni nervose, gli stimoli generati dall'organo vestibolare vanno a integrare le informazioni raccolte dalla vista e

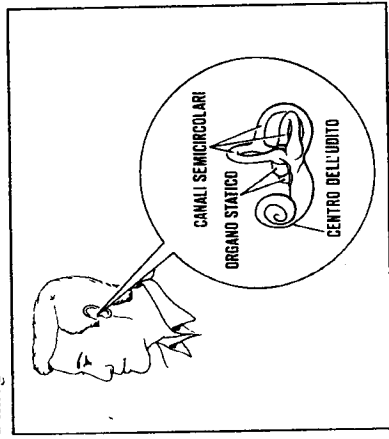


Fig. 7-9 - L'organo vestibolare.

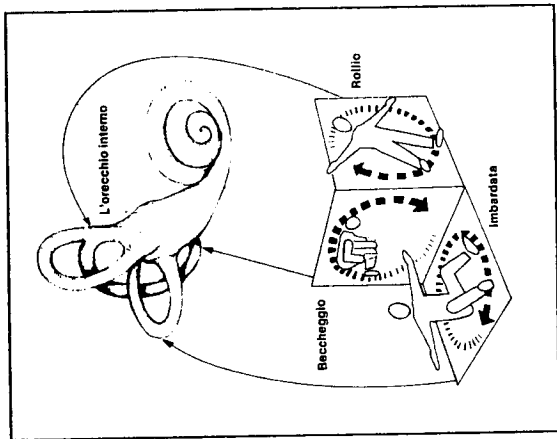


Fig. 7-10 - I canali semicircolari, ognuno preposto alla percezione del movimento in una delle tre dimensioni dello spazio.

dai ricettori delle sensazioni di gravità sparsi nei muscoli e nelle giunture del corpo. Il cervello sintetizza queste informazioni, assegna agli stimoli le dovute priorità a seconda della loro qualità, e quindi effettua le scelte che di volta in volta permettono di percepire nel modo corretto il mondo circostante.

Per comprendere perché nascono le sensazioni illusorie in mancanza degli stimoli visivi, bisogna conoscere almeno per grandi linee la costituzione e il funzionamento dell'organo vestibolare.

Come illustra la figura 7-9, esso è costituito da due parti: i canali semicircolari e l'organo statico. I canali semicircolari sono tre, disposti ortogonalmente fra di loro come i lati di un cubo (figura 7-10), in modo che ognuno possa tener conto degli spostamenti in una direzione dello spazio (aeronaoticamente parlando, ogni canale tiene conto dei movimenti intorno a uno degli assi dell'aereo).

I canali contengono un liquido che si mette in circolazione a ogni variazione della posizione del corpo o della testa, e cellule peduncolari chiamate cilia, aventi la funzione di sentire i movimenti del

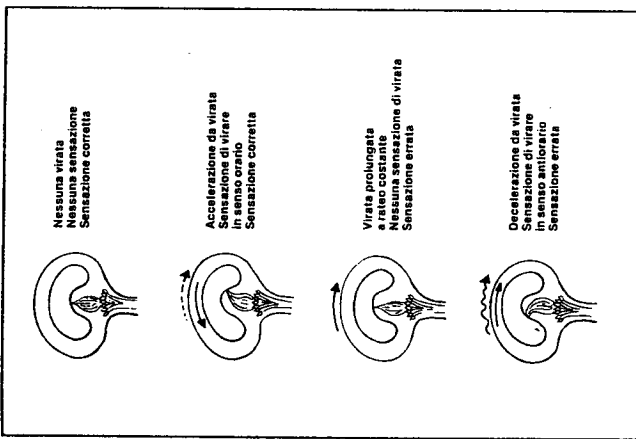


Fig. 7-11 - Le sensazioni di movimento sono generate dallo spostamento del liquido all'interno dei canali semicircolari.

liquido, e di mandare le informazioni relative al cervello.

Per loro natura, i canali avvertono in modo egregio i movimenti del corpo durante le normali attività terrestri, ma in certe situazioni possono non avvertire, o avvertire in modo non aderente alla realtà, i movimenti cui va soggetta la persona durante il volo.

Per visualizzare il comportamento del liquido nei canali, si prenda un bicchiere d'acqua in cui galleggino alcuni blocchetti di ghiaccio, e lo si appoggi su un tavolo. Se si fa girare il bicchiere con una certa velocità, da principio l'acqua, per inerzia, rimane ferma rispetto al tavolo, e perciò è come se girasse nel bicchiere in senso opposto alla rotazione impressagli. Per contro, se il bicchiere vien fatto ruotare molto lentamente, la viscosità permette al liquido di rimanere aderente alle pareti e di girare col bicchiere senza alcun moto relativo.

Si supponga, ora, di essere in volo rettilineo

orizzontale (punto 1 di figura 7.11) e di entrare prima in virata a destra (punto 2), poi di mantenere costante l'angolo di bank per un certo tempo (punto 3), e infine di rimettere l'aereo in linea di volo (punto 4).

Si può notare che non appena l'aereo comincia ad accelerare girando in senso orario, nel canale il liquido si muove in senso antiorario e la virata viene avvertita correttamente; però, una volta che la virata si stabilizza a rateo costante e l'accelerazione centripeta cessa, il fluido si ferma (l'acqua gira con la stessa velocità del bicchiere) e genera perciò la sensazione errata di essere in volo rettilineo. Durante la rimessa della virata avviene il contrario: in seguito alla decelerazione centripeta il fluido torna a circolare e si avverte nuovamente la sensazione corretta del moto verso sinistra; quando però si ferma la rollata con le ali orizzontali, il fluido continua a circolare per inerzia e crea la sensazione illusoria di proseguire la virata verso sinistra.

Mentre i canali semicircolari provvedono a fornire le sensazioni di moto, l'organo statico fornisce le sensazioni di accelerazione. L'organo statico (figura 7.12) è costituito da minuti depositi di carbonato di calcio, chiamati otoliti, che sono immersi in una sostanza gelatinosa, entro la quale si trovano anche cellule peduncolari collegate al sistema nervoso.

Quando la testa viene spinta in avanti, indietro, o lateralmente, l'organo statico subisce la stessa sorte. Gli otoliti, per inerzia, trascinano con sé la sostanza gelatinosa, che a sua volta trasmette il movimento ai peduncoli, i quali danno così al sistema nervoso le sensazioni di accelerazione.

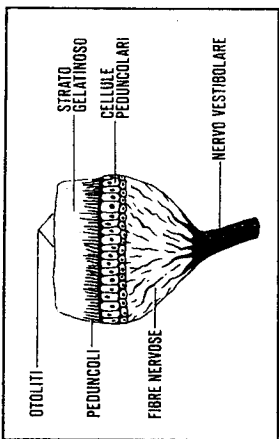


Fig. 7-12 - L'organo statico, preposto alla percezione delle accelerazioni.

Un esempio classico di sensazione illusoria generata dall'organo statico è quello dell'aereo che decolla in condizioni IMC. Sollecitati dall'accelerazione di decollo, gli otoliti rotolano all'indietro, dando al pilota privo di riferimenti visivi la sensazione di essere in forte cabrata. Se il pilota dà retta a questa sensazione illusoria, finisce in terra spingendo l'aereo in picchiata nell'errato tentativo di portarlo in volo livellato.

Quando è disponibile un riferimento visivo, per esempio l'orizzonte, le sensazioni illusorie non si formano perché lo stimolo nervoso generato dalla vista cancella gli stimoli più deboli generati dall'organo dell'equilibrio.

Ma in assenza di riferimenti visivi le sensazioni illusorie possono diventare intensissime.

Altre situazioni di volo senza visibilità esterna che inducono sensazioni illusorie, e che perciò possono portare al disorientamento spaziale, sono le seguenti

◊ L'aereo è in virata a rateo costante. Per una ragione qualsiasi il pilota fa un brusco movimento con la testa che porta il liquido a circolare in più di uno dei canali semicircolari. Il risultato è la sensazione di essere in virata e di accelerare in direzioni completamente diverse da quella reale. Nuovamente, il pilota che "ascolta" le sensazioni illusorie porta l'aereo in assetti da cui difficilmente lo potrà rimettere.

◊ L'aereo è lentamente, ma progressivamente, entrato in virata fino a raggiungere una inclinazione laterale pronunciata e una notevole velocità di discesa senza che il liquido dei canali semicircolari si sia mosso, con la conseguenza che il pilota si sente in volo livellato.

Quando, guardando l'altimetro, si accorge di essere in perdita di quota, non avendo la sensazione della virata, il pilota tira a sé il volantino per fermare la discesa. Però, così facendo, non fa che aumentare il rateo di discesa e stringere la spirale che lo porterà fino al suolo, se non riuscirà a capire di dover prima portare l'ala in assetto livellato.

◊ Il pilota riduce bruscamente la potenza, generando quindi una notevole decelerazione. Gli otoliti si spostano in avanti dandogli l'impressione

Le situazioni che possono provocare le vertigini sono numerose, ma la più classica si produce nel momento in cui il pilota inclina la testa, o si china in avanti, o lateralmente, mentre l'aereo è in virata. Le conseguenze sono drammatiche: il pilota, a ogni effetto pratico, è reso inabile. Può avere la sensazione di nuotare, oppure può sentire che l'aereo capitolombola all'indietro o lateralmente.

Queste sensazioni sono spesso accompagnate da stordimento, nausea, vomito, nonché dall'involontaria oscillazione dei muscoli oculari, nota come nistagno. Il nistagno si manifesta in conseguenza degli elevati livelli di attività elettrica lungo i collegamenti nervosi che uniscono l'occhio all'orecchio interno.

La stessa eccitazione nervosa può interessare il nervo vago, situato nei pressi dell'orecchio interno, il quale, trasmettendola allo stomaco, provoca nausea e vomito.

È stato riscontrato che certe persone vanno soggette a disturbi molto pericolosi per il volo, quali il torpore, la nausea, il disorientamento, e finanche la perdita di coscienza, quando vengono sottoposte all'effetto di luci o di ombre che attraversano il loro campo visivo con battimenti di frequenza variabile da 14 a 20 colpi al secondo.

L'insieme di questi disturbi è conosciuto col nome di **vertigine optocinetica**, particolarmente insidiosa perché può colpire anche persone assolutamente ignare della propria predisposizione agli effetti negativi del fenomeno.

Durante il volo, cause note della vertigine optocinetica sono il passaggio delle pale dell'elica davanti al sole quando il motore gira a basso regime di giri, il roteare dell'ombra delle pale del rotore di un elicottero, e il riflesso delle luci stroboscopiche o dei fari rotanti sulle nubi in prossimità dell'aereo durante il volo notturno.

Qualora si avverta un certo disagio per il tremolare dell'elica davanti al parabrezza è perciò consigliabile cambiare leggermente il numero dei giri del motore. Di notte, volando in IMC, conviene spegnere le luci stroboscopiche e i fari rotanti.

### 7.3 - Le false impressioni

Le false impressioni non sono altro che illusioni

ottiche, a causa delle quali il pilota percepisce l'ambiente circostante in modo non aderente alla realtà, ed è perciò indotto a fare valutazioni errate. Se tali valutazioni non vengono verificate e corrette con i dati forniti dagli strumenti o da altre possibili fonti di informazione, il pilota può cadere vittima del disorientamento spaziale, come nel caso del falso orizzonte citato più sopra, oppure, come più spesso accade, può essere indotto a modificare pericolosamente la quota e/o l'assetto dell'aereo durante le fasi di decollo e di avvicinamento.

La maggior parte delle false impressioni colpiscono chi vola di notte, essendo generate dalla percezione errata di luci al suolo.

Una facoltà che viene praticamente a mancare del tutto di notte, o in condizioni di scarsa visibilità, è la percezione della profondità, e perciò dell'altezza dell'aereo dal terreno. Questa è la ragione principale per cui le piste impiegate di notte vengono quasi sempre equipaggiate con le luci VASIS descritte nel capitolo 4 della prima sezione.

Le false impressioni cui possono andare soggetti i piloti durante il volo diurno, che riguardano perlopiù la percezione della posizione dell'aereo rispetto alla pista, sono le seguenti.

◊ La pendenza della pista può indurre a effettuare gli avvicinamenti lungo traiettorie troppo piatte o troppo ripide, a seconda che la pista sia rispettivamente in salita o in discesa.

La figura 7.13 (a) mostra un aereo in discesa verso una pista non in pendenza, lungo il sentiero tradizionale di 3° di inclinazione, sul quale il pilota è abituato a mantenersi durante gli avvicinamenti.

La figura 7.13 (b) mostra invece l'aereo in avvicinamento a una pista il cui asse ha una pendenza di due gradi a salire. Poiché il normale sentiero di discesa forma con l'asse della pista un angolo di 5°, il pilota ha l'impressione di trovarsi troppo alto, ed è quindi indotto a scendere e a seguire una traiettoria più piatta, col pericolo, specialmente di notte, di urtare gli ostacoli del terreno o di toccare prima dell'inizio della pista.

La figura 7.13 (c), infine, mostra l'aereo in avvi-



la fase finale dell'avvicinamento, durante la quale il pilota, quasi sempre senza rendersene conto, usa la visione periferica per osservare i bordi della pista che si allontanano lateralmente sotto l'aereo, e per valutare quando iniziare la manovra di richiamata.

Scendendo su una pista molto larga, il pilota ne vede i bordi allontanarsi dalle punte delle ali quando l'aereo è ancora alto sul terreno, ed è perciò indotto a richiamarlo prematuramente col pericolo di farlo stallare a una quota troppo elevata. Al contrario, scendendo su una pista stretta, il pilota non la vede "dilatarsi" in tempo utile per impostare la richiamata, e rischia perciò di impattare il terreno a muso basso.

## 8 - GLI EFFETTI DELL'ALCOLE DEL FUMO

L'alcol è un depressante del sistema nervoso centrale, che provoca la variazione proporzionale di due neurotrasmettitori, la norepinefrina e il serotonina. Questi composti chimici dell'organismo agiscono direttamente sul sistema nervoso, e in presenza di alcol provocano cambiamenti d'umore, di attenzione, di percezione, e della capacità di giudizio.

Ogni parte del sistema nervoso viene influenzata dalla presenza di alcol, dalle piccole connessioni neuroniche che presiedono al coordinamento delle funzioni che richiedono più concentrazione, fino ai centri più profondi del cervello, che presiedono al controllo del comportamento. L'alcol diminuisce inoltre la capacità del cervello di utilizzare l'ossigeno. Volando in quota, anche minime quantità di alcol nel sangue possono dar luogo a forme acute di anossia.

L'intervallo di tempo che si ritiene debba intercorrere fra l'ingestione di bevande alcoliche e il volo è di otto ore. Questo periodo deve però essere considerato come assolutamente minimo, dato che sarebbe più sicuro elevarlo ad almeno 12 ore. La ragione per cui si devono adottare questi intervalli di tempo cautelativi fra il bere e il volare, è di far sì che il fegato abbia sicuramente il tempo necessario per disintossicare e liberare il sangue dai deleteri effetti dell'alcol. Gli enzimi prodotti dal fegato trasformano le molecole d'alcol

entrante nella circolazione sanguigna in sostanze assimilabili, e l'alcol viene così bruciato come qualunque altro carburante. Poiché un normale fegato sano può eliminare circa 10 grammi d'alcol all'ora, se sono state bevute sei birre o quattro bevande alcoliche, per liberare completamente il sangue dall'alcol sono necessarie 12 ore.

Quando si può giudicare una persona "intossicata" dall'alcol? Le autorità mediche concordano che una concentrazione di 15 milligrammi per cento (mg%), cioè 15 millesimi di grammo d'alcol ogni 100 grammi di sangue, sono sufficienti a provocare sintomi incapacitanti. Il contenuto alcolico può essere espresso anche in proporzione al volume di sangue: 15 mg% in peso corrispondono allo 0,015% in volume.

Il prospetto di figura 7.14 mostra lo stato e i sintomi clinici di una persona soggetta agli effetti di diverse quantità di alcol nel sangue.

Per quanto riguarda il fumo, esso favorisce l'anossia perché introduce nell'organismo una certa quantità di ossido di carbonio. Per esempio, dopo

aver fumato 30 sigarette si ha nel sangue una concentrazione di ossido di carbonio tale da produrre, al livello del mare, un'anossia uguale a quella che si ha volando alla quota di 7.000 piedi. E per conseguenza, se si è in volo a 10.000 piedi, agli effetti respiratori è come se ci si trovasse a 15.000.

Il fumo può inoltre ridurre la lucidità mentale, può causare palpitazioni cardiache e cefalee, e in ogni caso peggiora la visione notturna allo stesso modo in cui essa è peggiorata dall'anossia.

Volando, per esempio, a 12.000 piedi senza ossigeno supplementare, si va soggetti, per anossia, a una riduzione della visione notturna pari al 50%. Tre sigarette fumate di notte possono ridurre la visione di quanto la stessa verrebbe ridotta volando a 8.000 piedi senza ossigeno supplementare.

## 9 - LE ACCELERAZIONI

Quando siamo a terra, il nostro corpo è soggetto alla sola forza di gravità, e perciò a 1 g.

Sappiamo, però, che durante il volo, quando il fattore di carico è diverso da 1, sia il velivolo sia

% di alcol etilico nel sangue in volume e (peso)	Stato del soggetto	Sintomi clinici
0,01-0,05% (10-50 mg%)	Sobrietà	Nessuna influenza apparente: comportamento a prima vista normale; leggere alterazioni si possono scoprire con speciali prove
0,03-0,12% (30-120 mg%)	Euforia	Leggera euforia, socievolenza, loquacità; aumento della sicurezza di sé; minor inibizione; diminuzione dell'attenzione, della capacità di giudizio, e dell'autocontrollo; calo dell'efficienza nell'esecuzione di operazioni di precisione.
0,09-0,25% (90-250 mg%)	Eccitazione	Instabilità emozionale; ulteriore calo inibitorio; perdita della capacità di critica; menomazione della memoria e della comprensione; minor reattività del dolore; menomazione dell'equilibrio; sconcertazione muscolare; andatura incerta; favella incomprensibile.
0,18-0,3% (180-300 mg%)	Confusione	Disorientamento, confusione mentale, intorpidimento; stati emozionali esagerati (paura, ira, affiliazione); disturbi sensoriali e di percezione dei colori, delle forme, del moto, delle dimensioni; ancora minor percezione del dolore; menomazione dell'equilibrio, sconcertazione muscolare, andatura incerta, favella incomprensibile.
0,27-0,40% (270-400 mg%)	Stupore	Apatia; inerzia generale; approssimarsi della paralisi; marcata riduzione della reazione agli stimoli; marcata incoordinazione muscolare; incapacità di reggersi e di camminare; vomito; incapacità di trattenere urina e feci; menomazione della coscienza; sonno o stupore.
0,35-0,50% (350-500 mg%) + di 0,45% (+ di 450 mg%)	Coma	Inconsapevolezza completa; coma; riflessi scarsi o nulli; temperatura sotto il valore normale; incapacità di trattenere urina e feci; circolazione e respirazione difficoltose.
	Morte	Morte per paralisi respiratoria.

Fig. 7.14 - Stato e sintomi clinici evidenziati da una persona soggetta agli effetti di diverse quantità di alcol nel sangue.

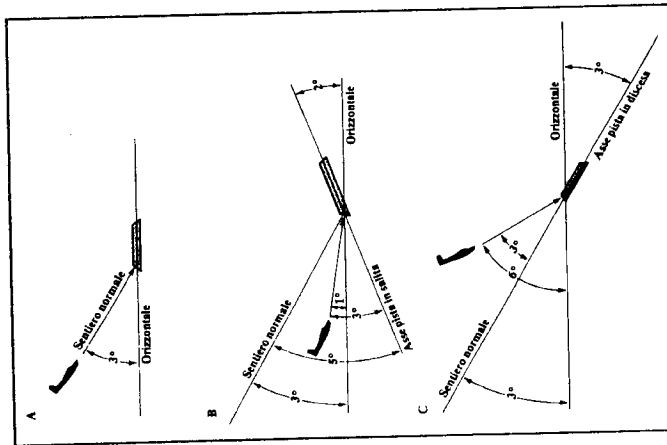


Fig. 7.13 - L'avvicinamento a una pista in salita (b) da l'impressione di essere alti e induce ad arrivare piatti; viceversa accade se la pista è in discesa (c).

cinamento a una pista il cui asse ha una pendenza di tre gradi a scendere. Poiché il normale sentiero di discesa è allineato con l'asse della pista, il pilota ha l'impressione di trovarsi troppo basso, ed è quindi indotto a salire e a seguire una traiettoria più ripida, col pericolo di arrivare lungo all'atterraggio.

Anche la geometria della pista può portare a fare valutazioni errate. In avvicinamento a piste più larghe del normale, che in genere sono anche le più lunghe, si ha l'impressione che l'aereo sia più vicino alla pista e più basso di quanto in realtà non sia, e si è perciò indotti ad arrivare lunghi. Ancor più pericolosa è la situazione inversa, quando si è in avvicinamento a piste strette e corte, le quali danno l'impressione che l'aereo sia ancora alto e lontano, e perciò inducono ad abbassarsi, col rischio di urtare gli ostacoli del terreno.

La larghezza della pista, indipendentemente dalla lunghezza, può influenzare negativamente



il pilota vanno soggetti a delle accelerazioni: positive quando g è maggiore di 1, e negative quando g è minore di 1.

Le accelerazioni positive sono anche chiamate testa-piedi, mentre quelle negative sono chiamate piedi-testa.

#### 9.1 - Le accelerazioni testa-piedi

Le accelerazioni testa-piedi si verificano perlopiù durante le virate, le richiamate dopo una picchiata, i looping, e i tonneau.

Quando il corpo è soggetto a queste accelerazioni, il sangue defluisce dalle parti superiori del corpo verso le parti inferiori.

Quando il valore dell'accelerazione raggiunge i 5 g per una durata non superiore a 3 secondi, oltre a sentirsi pesantissimi (5 volte di più), si avvertono disturbi alla vista sotto forma di scintillio e di offuscamento delle immagini come se fossero viste attraverso un velo grigio.

Se i g aumentano, o aumenta la loro durata, si raggiunge la cosiddetta **visione nera**.

Se l'intensità o la durata delle accelerazioni aumenta ancora di poco, si ha la perdita di coscienza.

È evidente che la causa di tutti questi disturbi visivi è il deflusso del sangue dal cervello verso le gambe.

#### 9.2 - Le accelerazioni piedi-testa

Le accelerazioni piedi-testa si manifestano durante il volo rovescio, i looping rovesci, e all'inizio delle picchiate o alla rimessa dalle richiamate. I disturbi che compaiono durante queste accelerazioni sono dovuti a un anormale afflusso di sangue alla testa, sangue che può anche ristagnare dopo che l'accelerazione è cessata.

La pesantezza alla testa si avverte già quando g raggiunge -1. Quando supera -3 si ha la **visione rossa**, che può essere accompagnata da emorragie nei vasi capillari congiuntivali e della mucosa nasale, nonché da stordimento.

#### 9.3 - Le accelerazioni petto-schiena

Le accelerazioni indotte dalla manovra di decollo sono chiamate **petto-schiena**, mentre le decelerazioni indotte dalle frenate sono chiamate **schiena-petto**.

## 10 - L'INTOSSICAZIONE DA OSSIDO DI CARBONIO

Sappiamo dalla sezione dedicata ai motori, che nei gas di scarico ottenuti dalla combustione di miscela ricca (condizione normale durante il volo) si trova l'ossido di carbonio (CO).

Esso è altamente tossico per l'organismo umano, e per di più l'intossicazione inizia in modo insidioso, perché il CO è inodore e non irrita le mucose, per cui la sua presenza non è in genere rilevata in tempo.

I sintomi che si avvertono quando l'intossicazione è già in corso sono, in progressione, i seguenti:   
◊ leggero dolore alla testa, del tipo "cerchio alla fronte",

◊ forte dolore di testa, con sensazioni di pulsazione alle tempie, e diminuzione dell'attività respiratoria,

◊ fortissimo dolore di testa, mancanza di forze, stordimento, oscuramento della vista, nausea, vomito,

◊ perdita di coscienza, respiro irregolare, polso debole e frequente, convulsioni, coma, morte.

Il pilota deve fare attenzione all'insorgere di eventuali sintomi di intossicazione da CO, perché il gas potrebbe entrare nell'abitacolo dell'aereo per la rottura di qualche tubo, o attraverso un impianto di riscaldamento avente lo scambiatore di calore avanzato. In questi casi si deve immediatamente chiudere l'impianto di riscaldamento, e cercare di aprire tutte le prese d'aria al fine di far entrare quanta più aria pura possibile.

## 11 - ELEMENTI DI PRONTO SOCCORSO

### 11.1 - Norme generali

Se a bordo si dispone di una cassetta di pronto soccorso, bisogna periodicamente verificare che i medicinali non siano scaduti.

Quando qualcuno si ferisce, c'è un periodo critico prima dell'arrivo di un medico, che è della massima importanza per il paziente. Ciò che vien fatto o non fatto in questo periodo può essere questione di vita o di morte.

È dovere di tutti, ma specialmente di un pilota, conoscere i semplici procedimenti che, in caso di

incidente, possono essere posti in atto con prontezza.

◊ Non spostare una persona ferita, specialmente se le ferite sono state causate da una caduta, da un urto, o da altro incidente. Non girarla e maneggiarla, né esortarla ad alzarsi: se ha riportato lesioni interne o fratture della colonna vertebrale, un movimento non necessario potrebbe ucciderla o paralizzarla.

◊ Tenere il paziente sdraiato e tranquillo. Se ha vomitato, girargli da un lato la testa per prevenire l'eventuale soffocamento. Tenerlo caldo con coperte o indumenti, ma non coprirlo troppo, né fornirgli calore artificiale.

◊ Esaminare il paziente con prudenza. Se è necessario, tagliare i vestiti per evitargli movimenti o maggior dolore. Non togliere gli indumenti dalle parti del corpo eventualmente ustionate.

◊ Non forzare il paziente a bere in stato di incoscienza o semincoscienza: i liquidi potrebbero entrarvi nella trachea e soffocarlo. Mai cercare di far riavere una persona svenuta schiaffeggiandola, scuotendola, o gridando. Non dare bevande alcoliche come primo soccorso.

### 11.2 - Stato di Shock

Da chi ha subito una grave lesione bisogna sempre aspettarsi la comparsa dello stato di shock.

I suoi sintomi sono: pallore, pelle fredda e sudaticcia, polso debole e frequente, il paziente è spaventato e irrequieto. Le azioni da intraprendere sono:

◊ sdraiare il paziente con la testa più bassa dei piedi;

◊ slacciargli i vestiti;

◊ coprirlo leggermente senza farlo sudare;

◊ se il paziente è cosciente e ha sete, dargli qualche sorso d'acqua pura. Non dargli acqua se ha nausea o se è ferito all'addome; mai dargli alcolici o stimolanti;

◊ cercare di rassicurare il paziente, mostrando noi stessi di essere calmi, in modo da dargli l'impressione che tutto va per il meglio.

### 11.3 - Convulsioni

Durante le convulsioni le labbra del paziente diventano blu, egli volge in alto gli occhi e getta indietro la testa, il corpo è scosso da contrazioni incontrollabili.

Non si cerchi di frenare i movimenti convulsi. Sdraiare il paziente e mettergli un fazzoletto fra i denti per evitare che si morda la lingua. In genere le convulsioni non durano più di pochi minuti.

### 11.4 - Emorragie

Tenere sdraiato il paziente, e cercare di arrestare l'emorragia premendo sulla ferita la cosa più pulita che si ha a portata di mano. Se l'emorragia arteriosa da un arto non si arresta con le fasciature o con la pressione diretta sulla ferita, bisogna premere fortemente a monte della ferita nei punti indicati dalla figura 7.15, detti **punti di elezione**. E' sconsigliabile usare lacci emostatici se non si è addestrati a farlo.

Quando l'emorragia si è arrestata, cercare di fasciare strettamente la ferita, in modo però che si possa sentire il battito cardiaco a valle della ferita, onde non bloccare la circolazione.

### 11.5 - Fratture

I sintomi più comuni sono il dolore, la deformità dell'arto, e la mobilità anormale. Se l'estremità dell'osso fratturato sporge dalla pelle e c'è emorragia, fermarla, ma non cercare di riportare l'osso al suo posto. Non tentare di pulire la ferita.

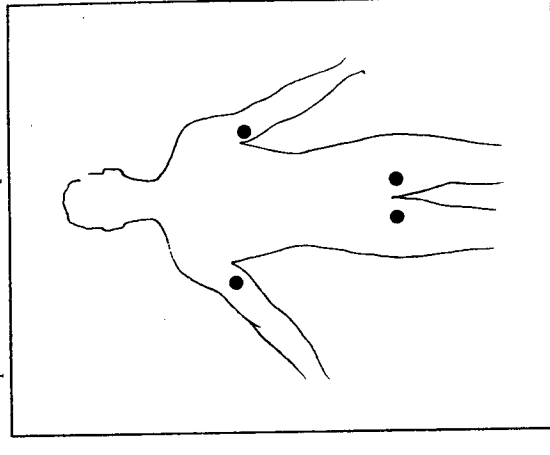


Fig. 7.15 - I punti di elezione sui quali premere in caso di emorragia arteriosa.

Se il paziente deve essere trasportato prima dell'arrivo del medico, la frattura va immobilizzata per evitare danni maggiori. Come stecche per l'immobilizzazione ci si può avvalere di tutto ciò che può servire a tenere ferme le ossa fratturate: cartone, giornali, o riviste per le braccia, e assi o stecche per le gambe.

Le stecche devono essere lunghe abbastanza da giungere oltre le articolazioni che sono al di sopra e al di sotto della frattura.

Se l'arto deve essere raddrizzato per poter applicare le stecche, va retto da entrambi i lati della frattura e messo nella posizione più naturale consentita dalla situazione. Le stecche vanno imbottonate quanto più possibile, e legate coi mezzi a disposizione: cinture, cravatte, o strisce di indumenti.

Se possibile, è preferibile non immobilizzare la frattura e non muovere affatto il paziente. La riduzione non deve mai essere tentata.

#### 11.6 - Respirazione artificiale

Una persona può morire dopo tre minuti che ha cessato di respirare se non le viene applicata la respirazione artificiale, per praticare la quale si deve:

- ◊ sdraiare il paziente sulla schiena;
- ◊ mettergli una mano sotto il collo e sollevarlo, tirando con l'altra mano la testa quanto più indietro possibile;
- ◊ appoggiare fortemente la bocca su quella del paziente chiudendogli il naso, e soffiare con forza sufficiente a fargli alzare il petto;
- ◊ scostare la bocca e ascoltare per sentire il soffio dell'aria esalata; se non c'è esalazione ricontrattare la posizione: la lingua potrebbe impedire il passaggio dell'aria; tentare di nuovo;
- ◊ continuare la respirazione bocca a bocca con ritmo di un soffio ogni 5 secondi finché il paziente non riprende a respirare spontaneamente.

#### 11.7- Trasporto di un ferito

Quando sia indispensabile muovere un ferito, cercare di farlo sempre ed esclusivamente trascinando longitudinalmente, e mai trasversalmente. E' molto importante che il paziente venga mosso senza piegargli la colonna vertebrale.

Se possibile si deve costruire una rudimentale

barella sulla quale adagiarlo. Se non c'è altro a disposizione, mettergli sotto una coperta o degli indumenti, e quindi trascinare un'estremità col malato adagiato sopra.

## 12 - AMMARAGGI E ATTERRAGGI IN REGIONI INOSPITALI

In caso di ammaraggio si deve tener presente che le doti di galleggiamento del velivolo, oltre che dalla sua configurazione, dipendono dalla quantità di carburante contenuto nei serbatoi, dalla chiusura di sportelli e rubinetti vari, e dal materiale di cui è composta la struttura del velivolo (legno o metallo).

Ai fini della sopravvivenza sono importantissimi gli equipaggiamenti di emergenza utilizzabili, quali salvagente, battelli, acqua, viveri, ecc.

Per i naufraghi a bordo di un battellino è possibile soddisfare in parte il bisogno di bere, che è predominante sugli altri, bevendo acqua piovana, ed eventualmente mangiando pesce crudo.

In caso di atterraggio in zone montuose o desertiche è consigliabile restare nei pressi del relitto. Qualora si ritenesse utile allontanarsi per raggiungere un luogo abitato, non si dovrebbe omettere di lasciare segnalazioni che indichino ai possibili soccorritori la direzione di marcia.

La figura 7.16 mostra i segnali standard ICAO che i superstiti dovrebbero usare qualora avessero necessità di trasmettere informazioni agli aerei mobili di soccorso.

N°	Messaggio	Simbolo
1	Chiediamo assistenza	V
2	Chiediamo assistenza medica	X
3	No o Negativo	N
4	Sì o Affermativo	Y
5	Procediamo in questa direzione	↑

Fig. 7.16 - I segnali standard ICAO impiegabili dai superstiti di incidenti aerei.