

# DISORIENTAMENTO SPAZIALE

## I fenomeni Somatogravitari e Somatogiri

Delle numerose manifestazioni di disorientamento spaziale che possono interessare l'attività di volo sportiva e turistica, i cosiddetti **fenomeni somatogravitari e somatogiri** sono certamente quelli che è opportuno conoscere per evitare di incappare in trappole dalle quali è molto difficile poter uscire senza subire gravi se non estreme conseguenze.

I fenomeni che andremo ad illustrare sono quelli legati al disorientamento nel quale è facile, anzi facilissimo entrare in caso di volo, accidentale o volontario, in condizioni IMC (Instrument Meteorological Conditions), ovvero in condizioni di mancanza di visibilità.

Frequentemente nel nostro ambiente sentiamo raccontare avventure terminate, fortunatamente a lieto fine, di piloti entrati in nube, incappati in un banco di nebbia, e dalle quali ne sono usciti o per loro fortuna o grazie all'uso di strumenti giroscopici o al provvidenziale sparo di un paracadute balistico.

Sulla base di detti presupposti molti pensano, anzi credono, che l'aver a disposizione dei strumenti giroscopici o un paracadute balistico possa risolvere il problema del disorientamento spaziale legato alla mancanza di visibilità.

E' questo un ragionamento assolutamente sbagliato, il sistema più sicuro per risolvere il problema della mancanza di visibilità è quello preventivo, ovvero fare di tutto per non trovarsi in quella situazione.

Per entrare nel vivo delle nostre argomentazioni dovremo per prima cosa fare un breve accenno alla fisiologia degli organi preposti al nostro orientamento.

E' questa una necessità in quanto il credere di poter controllare un velivolo in condizioni di mancanza di visibilità (con o senza, strumenti giroscopici e privi di uno specifico ed intenso addestramento), è legato proprio al fatto di non conoscere a sufficienza il funzionamento fisiologico degli organi preposti all'orientamento.

Gli organi che permettono l'orientamento dell'uomo nello spazio sono principalmente quelli legati alla vista, al senso dell'equilibrio ed alle sensazioni cosiddette ponderali.

**Sono essi l'occhio, l'apparto vestibolare ed i meccanorecettori.**

Delle tre sensazioni quella visiva è la più importante, infatti, tramite la vista, purché si abbia a disposizione un orizzonte, sia esso naturale, sia esso (con opportuno addestramento) artificiale, è possibile governare un velivolo a prescindere dalle sensazioni legate agli altri due organi.

Non è possibile invece, come vedremo in seguito, governare un velivolo senza l'ausilio della vista.

Senza entrare nella descrizione dell'anatomia dell'occhio, ci limiteremo a illustrare soltanto i concetti legati alla visione.

La visione si distingue in visione Foveale o **Distinta** e in visione **Periferica**.

La visione distinta è quella percepita e riportata al cervello da una piccolissima porzione della retina (superficie interna dell'occhio ove sono distribuite le cellule sensibili alla luce i cosiddetti coni ed i bastoncelli), la macula lutea.

La visione distinta è caratterizzata, dalla sensibilità al colore, dalla massima acuità visiva, dalla discriminazione e riconoscimento dell'oggetto, unita però alla **mancanza di sensazione del movimento**.

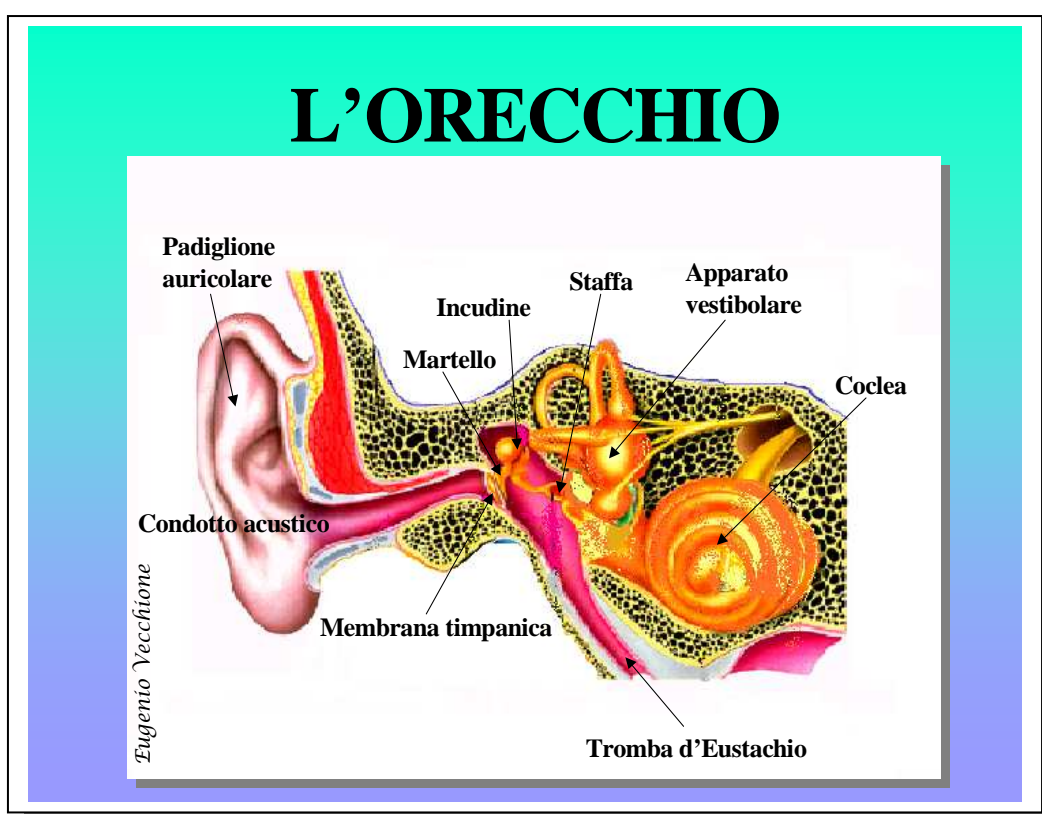
La visione periferica, riportata invece dalla quasi totalità della superficie retinica, è caratterizzata da insensibilità al colore, bassa acuità visiva e, ciò che più interessa l'attività di volo, l'avvistamento (ma non la discriminazione e riconoscimento) di oggetti presenti nello spazio circostante, unito a funzioni di sorveglianza, scoperta, avviso ed in particolare alla **sensazione del movimento**.

In pratica la sensazione del movimento del velivolo è strettamente legata alla visione periferica, con particolare riferimento alla percezione visiva, anche se indistinta, dell'orizzonte naturale.

Le sensazioni legate all'orientamento spaziale sono, come già accennato, riportate dagli organi dell'equilibrio ovvero dal cosiddetto apparato vestibolare.

Nel caso specifico dovremo per forza di cose accennare all'anatomia e fisiologia di detto apparato in quanto non è facile illustrare con semplici parole cosa avviene a livello sensoriale in detto sistema.

La funzione di governo dell'equilibrio e della stabilità del corpo è devoluta all'apparato vestibolare, esso è allocato a livello dell'orecchio interno ove esplica la sua funzione tramite gli **organi del senso dinamico e statico**.



Tale struttura è costituita da tre elementi tubolari ricurvi: i **canali semicircolari**, le cui estremità sono collegate ad una cavità denominata **utricolo**, a sua volta unita ad un'altra cavità, il **sacculo**, il quale, attraverso un sottile e breve canale, comunica con la cosiddetta coclea .

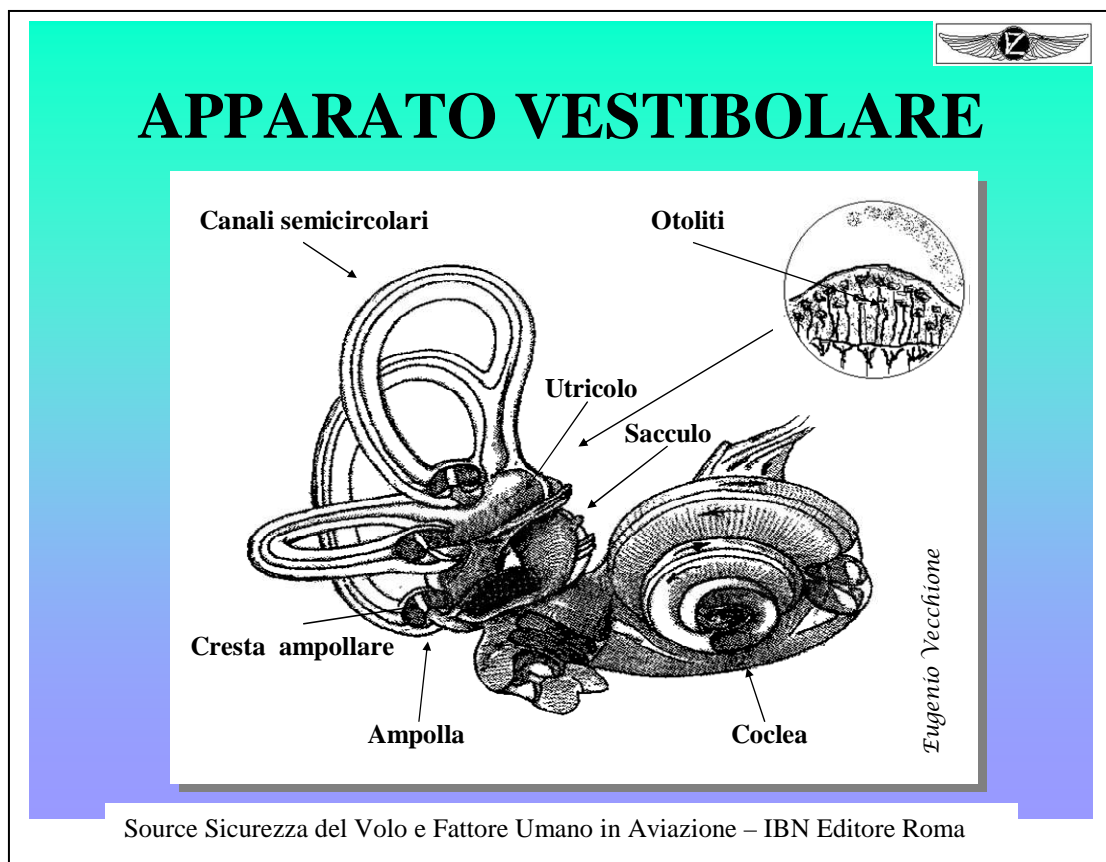
I tre canali semicircolari denominati anteriore, posteriore e laterale, sono pressoché perpendicolari tra loro e disposti secondo i tre piani spaziali.

All'estremità di ogni canale semicircolare è posta una dilatazione definita **ampolla**, all'interno della quale è contenuta una formazione ciliare chiamata **cresta ampollare**.

All'interno dei canali semicircolari, dell'ampolla, dell'utricolo e del sacculo è contenuto il **liquido endolinfatico**.

Ai canali semicircolari è devoluta **la funzione** cosiddetta **inerziale** o del **senso dinamico**, ovvero la capacità di identificare il verso e l'accelerazione riferita ad un determinato movimento angolare della testa.

Ad ogni movimento del capo, lungo uno dei piani dello spazio, corrisponde un'accelerazione inerziale del liquido endolinfatico contenuto nei canali semicircolari ed un conseguente movimento, nel verso opposto, della corrispondente cresta ampollare, movimento che, attraverso specifiche terminazioni nervose, fornisce poi la dovuta informazione al cervello.



Le informazioni provenienti dai canali semicircolari permettono di definire solo gli spostamenti e le accelerazioni angolari del soggetto nello spazio, ma non sono in grado di stabilirne la posizione o, più precisamente, non sono in condizione di

determinare se esso è diritto, rovescio o inclinato o sottoposto ad un'accelerazione lineare..

Il compito di fornire al soggetto queste **informazioni**, definite **statiche**, ovvero ricondotte alla sola forza di gravità ed alle accelerazioni lineari, è devoluto ai complessi dell'utricolo e del sacculo, definiti appunto **organi del senso statico**.

All'interno dell'utricolo e del sacculo sono, infatti, allocate le **macule otolitiche**, particolari strutture formate da organi ciliari inglobati in una capsula gelatinosa, sulle cui estremità libere sono poste delle microscopiche masse costituite da sali di carbonato di calcio, gli **otoliti**.

Gli organi otolitici, sottoposti alla accelerazione gravitazionale provocano uno stiramento o una deflessione degli elementi ciliati, i quali forniranno al cervello i necessari impulsi nervosi per la conseguente percezione della posizione o degli spostamenti verticali e lineari del corpo indotte dalle accelerazioni (petto schiena, testa piedi e viceversa, nonché quelle trasversali).

Le informazioni **ponderali**, ovvero riferite a valori quantitativi delle forze e delle accelerazioni in gioco, sono quelle che forniscono all'organismo il cosiddetto **senso muscolare**, quel senso mediante il quale il pilota può **sentire fisicamente l'aeroplano**.

In definitiva si tratta di informazioni che vengono fornite da cellule nervose sensibili al tatto, al movimento degli arti, delle articolazioni ed allo stato di contrazione o di rilasciamento dei muscoli.

Dette cellule, o più precisamente dette strutture nervose prendono il nome di **meccanorecettori**.

Essi sono allocati nella parte più profonda dell'epitelio cutaneo, nel connettivo di organi interni, nei muscoli, nei tendini e nei complessi articolari.

Fin quando l'attività di volo si svolge in condizioni di visibilità esterna, con la percezione dell'orizzonte naturale, il nostro cervello non ha nessuna difficoltà, tramite l'integrazione delle informazioni indotte dall'apparato vestibolare e dai meccanorecettori, a percepire la corretta posizione del velivolo nello spazio e a seguirne le eventuali sue evoluzioni.

L'apparato vestibolare ed i meccanorecettori però, in mancanza di un riferimento visivo che confermi la sensazione di movimento da loro rilevata in funzione della propria posizione nello spazio, danno origine inevitabilmente a percezioni ritenute esatte, che in realtà esatte non sono.

Queste percezioni illusorie conducono al **disorientamento spaziale**.

La prima percezione illusoria, già accennata ad inizio della nostro articolo, è la cosiddetta **illusione somato gravitaria**.

Detta illusione deriva dalla stimolazione degli organi otolitici da parte di accelerazioni lineari.

Nello stato di quiete o di moto rettilineo uniforme le macule otolitiche sono sottoposte alla sola forza di gravità. Nel caso di accelerazioni assiali positive (petto schiena) o negative (schiena petto) esse percepiranno una forza inerziale risultante che, integrata dagli stimoli percepiti tramite i meccanorecettori a livello inconscio sarà riconosciuta come una falsa sensazione di cabrata, in caso di accelerazioni lineari positive e viceversa di picchiata, in caso di accelerazioni lineari negative.

Illusioni simili si possono avere nel corso di una virata in condizione di volo strumentale, sul mare o in presenza di foschia densa, ovvero in mancanza di una linea dell'orizzonte reale e ben definita.

Durante una virata stabilizzata l'aumento del peso apparente può indurre ad una sensazione di cabrata, a seguito della quale il pilota potrebbe restituire la barra o il volantino per riportare il velivolo in linea di volo, con la conseguenza invece di innescare una spirale in discesa.

Sensazione inversa può verificarsi in esito alla rimessa da una virata, che in casi estremi può dare l'illusione di essere rovesci.

A livello dei canali semicircolari, sempre in assenza di visibilità esterna o in presenza di una linea dell'orizzonte incerta, possono innescarsi le **illusioni** definite **somatogire**.

Come precedentemente illustrato, ogni accelerazione angolare mette in movimento il liquido endolinfatico contenuto nei canali semicircolari, la cui inerzia deflette le relative creste ampollari che forniranno al cervello l'informazione riferita all'entità e orientamento nello spazio dell'accelerazione medesima.

Nel corso di una virata, una volta che essa si sarà stabilizzata, il movimento del liquido endolinfatico si fermerà, fornendo così al cervello l'erronea informazione di un arresto della rotazione che potrà indurre il pilota a stringere ancora di più la virata, con conseguente aumento del peso apparente che indurrà ad una sensazione di cabrata.

Il risultato potrà essere una restituzione della barra che condurrà, anche in questo caso, all'innescamento di una critica spirale in discesa.

Nel caso invece di un rapido arresto di una virata o di un brusco livellamento delle ali, il liquido endolinfatico del canale semicircolare sottoposto ad accelerazione, dopo un subitaneo arresto, si metterà in movimento nel verso opposto a quello iniziale deflettendo la relativa cresta ampollare in senso contrario.

Il risultato sarà una sensazione di rotazione uguale e contraria a quella in corso fino a quel momento, ovvero l'illusione di virare a destra mentre il velivolo sta ruotando a sinistra, o viceversa.

Anche in questo caso il pilota indotto dalla falsa sensazione di virare a destra virerà a sinistra stringendo ancor di più la virata verso sinistra, conducendo il velivolo in una posizione inusuale dalla quale sarà impossibile uscire.

L'avere a disposizione dei strumenti giroscopici (girorizzonte, girodirezionale, virosbandometro o coordinatore di virata) non può migliorare o risolvere la situazione se non debitamente e lungamente addestrati.

I problemi che si possono innescare sono dovuti fondamentalmente alla mancanza di percezione del movimento al livello di visione periferica (concentrando l'attenzione ai soli strumenti lavora soltanto la visione foveale incapace di percepire il movimento), secondariamente interviene l'incapacità di credere agli strumenti e credere di più alle percezioni illusorie.

Associate alle illusioni somatogravitare e somatogire si possono manifestare altri due tipi di illusioni legate alla vista, sono esse le illusioni oculogravitare ed oculogire.

L'Illusione oculogravitaria si manifesta in occasione di accelerazioni lineari, siano esse positive siano esse negative, ed è caratterizzata dall'evento illusorio del sollevarsi o abbassarsi degli oggetti posti di fronte al pilota, con particolare riferimento al pannello strumenti.

Essa è dovuta ad un riflesso oculo-vestibolare indotto dagli otoliti.

L'illusione oculogira, similmente alla oculogravitaria è caratterizzata dall'evento illusorio percettivo di un inesistente movimento rotatorio degli oggetti posti sia di fronte sia lateralmente al pilota, a seguito di brusche variazioni di accelerazione angolare.

Essa è dovuta ad un riflesso oculo-vestibolare indotto dai canali semicircolari.

Per riuscire a credere (ed integrare tra loro) soltanto alle informazioni strumentali ed ignorare totalmente le false sensazioni illusorie, occorrono molte ore di volo istruzionali in tendina o con gli schermi o con simulatori full-motion.

In pratica un'improvvisazione di volo strumentale, dopo un'intensa elevazione del livello di concentrazione, porterà inevitabilmente alla perdita della consapevolezza della situazione ed alla perdita di controllo del velivolo.

Dopo aver illustrato, mi auguro con sufficiente chiarezza, quale è la genesi di questi fenomeni di disorientamento spaziale desidero illustrare gli effetti descritti a seguito di prove effettuate per mezzo del disorientatore spaziale del Centro Sperimentale Volo dell'Aeronautica militare di Pratica di Mare (Rm).

Il disorientatore presente presso il Reparto, è un simulatore di volo full-motion and video a sei gradi di libertà, avente la possibilità di riprodurre le caratteristiche di volo di varie tipologie di velivoli, da un velivolo AG, ad un caccia intercettore, ad un elicottero.

La particolarità che lo distingue dai normali sistemi di simulazione, come ad esempio quelli presenti a Fiumicino ed utilizzati dall'Alitalia o quelli del Macchi 339 o del Tornado o ancora quello dell'A129 Mangusta o infine i Frasca o similari usati presso alcune scuole FTO dell'Aviazione Generale, è la possibilità di ruotare sul

proprio asse verticale ad una velocità angolare variabile da zero a centocinquanta gradi al secondo.



Source Centro Sperimentale Volo dell'Aeronautica Militare

Questa particolarità, oltre alla normale simulazione del volo, possibile con i sopracitati sistemi, basata sull'utilizzo delle percezioni fisiche indotte dalle sole accelerazioni lineari integrate dall'immagine video, permette anche una sollecitazione dell'apparato vestibolare, inducendo accelerazioni angolari.

In un comune simulatore, l'accelerazione petto schiena, percepita durante la corsa di decollo viene simulata facendo ruotare il sistema di circa novanta gradi verso l'alto in modo che la forza peso sia appunto disposta nel verso petto schiena e l'impressione di una reale accelerazione è indotta dall'immagine video che mostra lo scorrere della pista nel parabrezza.

Allo stesso modo è possibile simulare la percezione di una virata grazie all'inclinazione della cabina verso destra o sinistra in modo che la forza peso avente una componente laterale induca l'impressione di essere sottoposti ad una accelerazione centrifuga o centripeta più o meno intensa, il tutto con la complicità dell'immagine video che farà apparire l'orizzonte più o meno inclinato.

La particolarità del disorientatore, grazie alla possibilità di ruotare con velocità angolari estremamente variabili sull'asse verticale, in combinazione con le accelerazioni lineari di cui sopra, permette di sollecitare anche l'apparato vestibolare del pilota inducendo fenomeni e reazioni, legate alle accelerazioni angolari, altrimenti non possibili con un normale simulatore.



I fenomeni che possono essere simulati con il disorientatore sono innumerevoli come la sindrome di Coriolis, il Black-hole, l'illusione somatogravitaria e oculogravitaria comprendenti il nose-up pitch e nose-down pitch, somatogira e oculogira, nonché vari fenomeni legati ad illusioni visive.



La prova ora descritta, relativa ai fenomeni di illusione somatogravitaria, certamente la più comune in caso di perdita di riferimenti visivi esterni durante il volo, è stata effettuata dal sottoscritto, pilota con esperienza pregressa di volo in condizioni IMC e da un pilota istruttore VDS privo di tale esperienza.

Il disorientatore mi è stato configurato già in volo in condizioni VMC; senza preavviso è stata tolta la visibilità simulando un ingresso in nube ed automaticamente nell'arco di qualche secondo sono passato dal volo a vista al volo strumentale.

Mi sono state richieste alcune manovre, salita discesa in volo rettilineo ed in virata.

Senza preavviso sono stati congelati i strumenti giroscopici.

In quella condizione la mia prima reazione è stata di lasciare i comandi per verificare se il velivolo era stabilizzato.

Dopodiché l'istruttore mi ha chiesto di effettuare un 180 a destra per tornare indietro ed uscire dalla situazione IMC.

Iniziata la virata ho percepito l'effetto iniziale dovuto al bank, ma dopo pochi secondi, a seguito dell'arresto del liquido endolinfatico a livello vestibolare, ho



ricevuto la prevista sensazione di essere tornato livellato, seguendo la bussola ho atteso di aver concluso il 180, con l'impressione però di volare rettilineo.

Al momento della rimessa dalla virata tutto è cominciato a confondersi, l'impressione principale è stata di essere entrato in virata dalla parte opposta, altimetro e variometro hanno cominciato a denunciare una discesa ed ho percepito accelerazioni discordanti prima verso destra poi verso sinistra, la tentazione è stata quella di effettuare una rimessa da assetto inusuale a muso basso, pertanto ho ridotto la potenza ma con il dubbio della parte dalla quale ero inclinato.

Ho fatto un tentativo prima cercando di livellare verso sinistra e poi richiamare, ma la velocità variometrica aumentava, allora ho tentato a destra, ma ho ricevuto una violenta vertigine.

L'altimetro ruotava ormai a velocità pazzesca e l'accelerazione centrifuga mi schiacciava sul seggiolino, poi all'improvviso il parabrezza è divenuto completamente rosso.

Dai diagrammi registrati dalla consolle è risultato che ho potuto mantenere il controllo senza strumenti giroscopici per circa due minuti fin quando mi è stato richiesto di effettuare il 180, e di aver cominciato a perdere il controllo dopo altri 120 secondi. Dalla perdita di controllo all'impatto sono passati 110 secondi e l'impatto è avvenuto a seguito di una spirale rovescia in discesa.

La stessa procedura è stata poi eseguita dal collega istruttore VDS, il quale già nel corso delle manovre richieste con l'ausilio dei strumenti giroscopici, dopo circa cinque minuti ha cominciato a perdere la consapevolezza della situazione, fino ad entrare in assetto inusuale di spirale con potenza in discesa, dalla quale non è riuscito ad effettuare la rimessa strumentale.

Eugenio Vecchione

Si ringraziamo per la cortese ospitalità, il Reparto Medicina Aeronautica e Spaziale del Centro Sperimentale di Volo dell'Aeronautica Militare Italiana, nelle persone del Comandante il Reparto di medicina aerospaziale Col. Marco Lucertini, e dell'Istruttore Addestramento Aerofisiologico M.llo Angelino Gregorio.

---