

航太醫學

WE ARE NOT ALONE.

航太醫學

壹、前言

飛機空中解體的原因，不外乎結構的疲勞，船壓的問題、氣流的因素如電擊或亂流、操作上承過大的負G、意外的小爆炸、或蓄意的破壞等因素。過去慧星號空中解體事件，就牽涉到結構與船壓方面的問題。溫故得知新，本文介紹該次空難調查的情形，以及航空醫學對飛機失事原因，在調查上重大的貢獻，以資借鏡。

從航空醫學談飛行事故的調查

現在民航客機均有加壓艙的裝置（慧星號是第一架座艙加壓的客機），使旅客免受缺氧及高壓的危害。當意外事故發生時，兩架慧星號都爬升至3萬呎高度，此時機艙內外的壓力差為7.5 psi（磅/平方吋），其罹難者自然無法避免急速減壓傷害可能性的存在。同時因減壓時旅客撞擊到機內座椅等物，也可能造成嚴重的傷害。其他可能性如爆炸（explosive）引起的風爆（wind blast）的傷害。因高空自由下墜（free fall）的傷害。或撞擊（impact）水面時造成

現在民航客機均有加壓艙的裝置（慧星號是第一架座艙加壓的客機），使旅客免受缺氧及高壓的危害。當意外事故發生時，兩架慧星號都爬升至3萬呎高度，此時機艙內外的壓力差為7.5 psi（磅/平方吋），其罹難者自然無法避免急速減壓傷害可能性的存在。同時因減壓時旅客撞擊到機內座椅等物，也可能造成嚴重的傷害。其他可能性如爆炸（explosive）引起的風爆（wind blast）的傷害。因高空自由下墜（free fall）的傷害。或撞擊（impact）水面時造成

傷者。或落水漂浮於海面後其
原因造成的傷害。

參、屍體解剖的發現

兩次慧星號事件，罹難者主
體傷害的型態均相同。19 具被
屍體中，5 具例外，皆有死前
頸骨骨折。15 具有同嚴重的胸
受傷。其他常見的為脊椎骨折
肋骨脊椎間的脫臼。13 具屍
體有死後四肢骨折。罹難者即使
未呈現輕微的受傷，但均有致
死的內傷。16 位有 300 毫升到
2 公升的血胸，所有 19 位肺部
均嚴重的受損。無人呈現溺水的
現象。13 位大血管撕裂，4 個
心臟破裂。雖然腹腔內受傷者略
少。14 位腹腔出血量達 1 公升
，肝臟呈現不同程度撕裂傷，甚
至爛成泥狀。5 位脾臟撕裂。厄
爾巴罹難的 14 具皮膚呈現燒傷
，而那波里斯的 4 位皮膚有顯著
色素沈着現象。

肆、傷害原因的分析

這些從海中撈回的屍體，所
親特殊傷害的型態，可以分為
①在機艙內、②在海面上及③屍
體漂浮於水面後三個時期所造成不
同的傷害，而圓滿的加以解釋。

罹難者頭部的受傷，包括腦
骨骨折及頭髓基底部的骨折，是
極特殊的現象，並可由頭髓血液

的外溢，證實傷害是在生前發生
的。Merkel (1926) 與 Ziemke
(1928) 觀察高空跳水者，發現並
無此種骨折。動物實驗的結果亦
無。因此可證明此種頭部的骨折
及挫傷，伴有其他胸部的骨折，
均是在機內先形成的。該結果明
顯的反映該等傷害是在飛機失事
時，座椅呈向上、向前的撞擊
力所造成。該兩班次飛機均在起飛
後半小時發生問題，當時旅客已
鬆開安全帶，更易造成減壓時機
內碰撞造成的傷害。單只此種碰
撞就足以造成就死亡，在屍體中
發現脂肪栓塞 (fat embolism
) 的現象就足以證明。

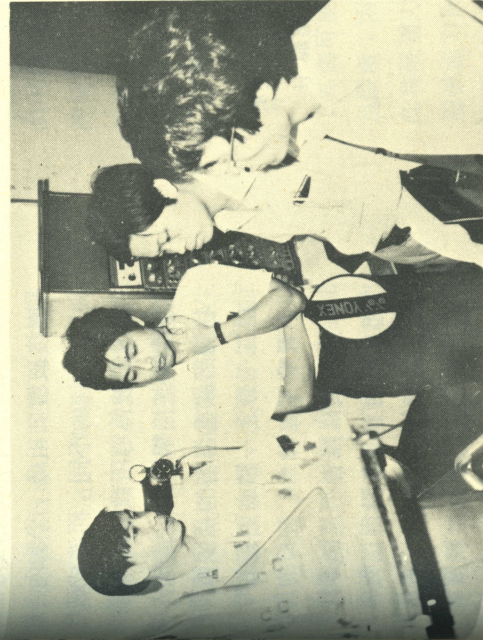
航空動力學的專家們曾做過
多種不同的假設與實驗，以解釋
造成飛機解體力的來源，飛機突

然的偏航，或由突然的功能故障
，或駕駛員操作的不當，然該等
狀況所產生之力，均不足以造成
髓骨骨折。而客機加壓艙的潛伏
能量，Walker (1950) 經計算約
等於 100 磅的爆炸物。此種壓力
將造成一個向外的衝擊力。此種
效應經假人 (dummy) 的實驗
證實，該向上向前的力，乃加壓
艙突然出事而成。事實上，厄爾
巴空難就有該種狀況發生，那波
里斯空難經由多方查證的結果，
也是一樣。

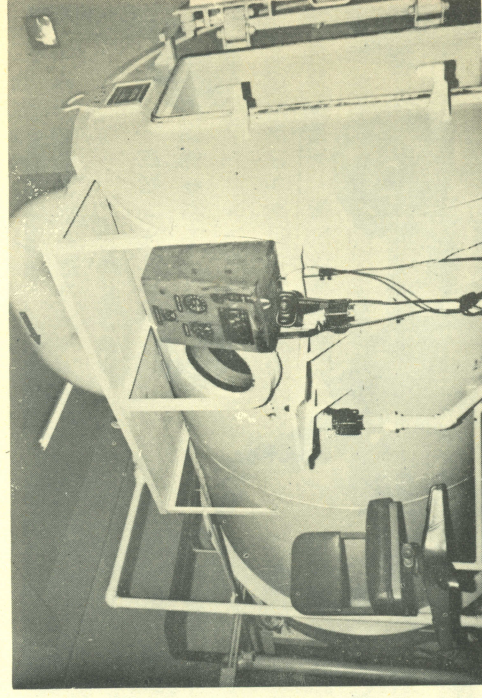
當空難發生時，幾乎大多數
的旅客在不同的 height 均被拋到空
中，而後落海。所有的證據均顯
示，墜海時承受的撞擊力，足以
造成死亡的內傷。內臟嚴重的傷
害及肺部受傷，均由此力所致。



於減壓艙中手穩定力測試



本校校友林野於減壓實驗室



空軍所使用的飛行員訓練減壓艙

這種內臟傷害的情況，是否先前曾因減壓、或機內撞擊所造成，是無法肯定的。但其他的傷害，諸如四肢骨折、脊椎骨折、進一步的胸廓受損，都是在墜海時發生，利用穿衣假人高空墜海的實驗，也證明了衣服的剝落並非在空中下墜所致，而是於撞擊海面後所造成。部份旅客隨同機身而下，墜海時得到部份的保護，這也說明了為何在機艙後座乘客的衣物較為完整。

最後厄爾巴海面的浮屍，經多方實驗證實，14具皮膚被燒傷，但衣服毛髮均無燒灼的痕跡，證明了個體不可能墜入於已浮着着火的海面；而海面上的汽油着火，是在人墜海後才發生的。那波里斯罹難者皮膚未曾燒傷。其未着衣物處的皮膚變黑，此乃經過太陽光曝射，死後皮膚黑色素經紫外線照射而增加所致。

伍、爆破的可能性

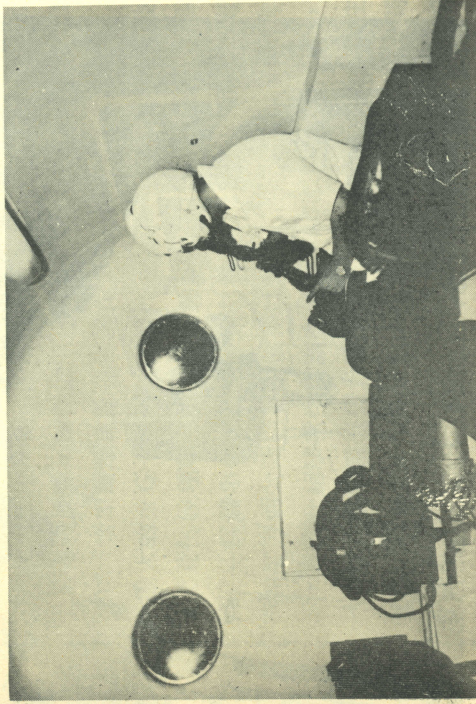
罹難者肺部充血、淤血、撕裂，甚至成泥漿狀，以肺下葉最顯著，至於肺上葉、肋膜下常有脹大之氣泡及肺氣腫的現象。肺部之出血與肋骨骨折無關。肺表面呈斑狀出血，但無顯著的肋紋（rib marking）出現。肺泡組織結構遭受破壞，呈現出血性肺的



實質變化。死者大多數均有脂肪栓塞現象，此屬生前骨折，此時肺循環仍維持瞬間，隨後心臟或大血管才告破裂。

造成肺部傷害不外乎三種原因：①爆炸引起的風爆。②解體引起的急速減壓。③減速撞擊的作用。風爆傷害的特徵，在動物

實驗中可見，肺泡受損，大量肺出血並變成泥狀，上呼吸道有血漬的泡沫、肋膜下腺狀出血而形成的肋紋，（水中爆震，肺部的結果亦同）人類與動物實驗唯不同點乃成人無肋紋出現，此與胸壁的彈性有關。風爆造成肺震盪的機轉不明，乃爆震波的正壓對胸廓的衝擊所成；其原因可能為①直接破壞肺組織，②胸內各組織，因加速的不同，而造成破壞，③或震波傳導所致。此均屬非穿透性胸壁撞擊所致。造成人或動物肺部嚴重傷害的極限值為胸壁在二千分之一秒或更短的時間內，承受了每秒20公尺的加速力。慧星號罹難者不是由爆炸所引起，可由下列各點得以明證①每位肺部受損情況相同，若是爆破則近爆炸源的傷害要較嚴重。②沒有一位有肋紋出現。③無人口



林野校友於
減壓繪中

鼻或上呼吸
碎片傷害的
傷。事後飛
事件皆無
跡。

陸、急速

各種實驗

被快速的減

Hitchcock

實驗的結果

及缺氧狀況

致死，甚至

在0.012秒

至5萬呎（

），19隻實驗

動物性後可發

小出血點，或

有肺氣腫或

暈號罹難者

（1953）急速

時大氣壓力比

時，而造成體

時造成的傷害

實驗的為重。

的傷害可解釋

外壓差的急

胸廓擴張，

體外之最大

速率所致。

人類肺部

少。美國空

爆炸減壓的

體氣胸，一

大量的氣栓

有2位發生

壓時閉住氣

時，若閉住

的狀況相同

氣，可說全

亦不致出現

的現象。但

氣，則可導

死亡。

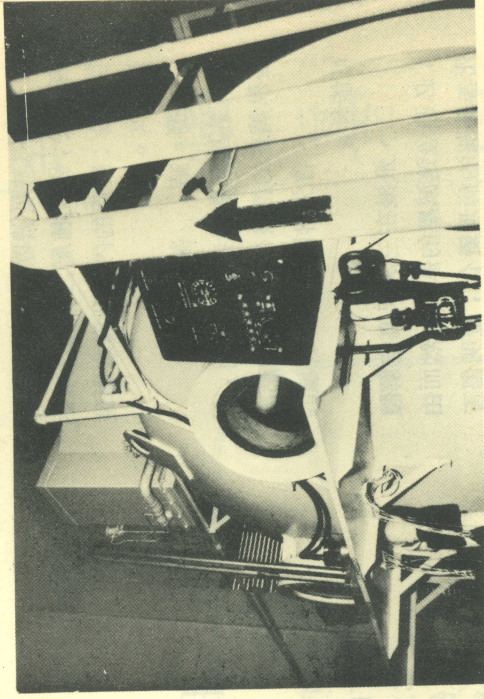
鼻或上呼吸道有血沫。④皮膚
碎片傷害的痕跡。⑤無人受到
傷。事後飛機的殘骸，亦證明
該事件皆無爆炸或艙內起火的
跡。

陸、急速減壓

各種實驗均顯示，人可忍受
較快速的減壓而無不良後果。

Hitchcock (1953) 大量動
實驗的結果顯示急速減壓若不
致缺氧狀況，很難令實驗的動
物致死，甚至全無症狀。比方說
，在 0.012 秒內由 1 萬呎急速減
壓至 5 萬呎（艙內外壓差 8.4Psi
），19 隻實驗的狗均無症狀。動
物犧牲後可發現肺內僅有散狀的
出血點，或部份肺不膨脹，有
肺氣腫或肋紋現象。但均較
輕。號難者的情況為輕。Cole
(1953) 急速減壓至 7 萬呎，此
時大氣壓力比體內水蒸氣壓力更
低，而造成體液沸騰的現象，此
時造成的傷害則較以往爆炸減壓
實驗的為重。實驗動物這種肺部
的傷害可解釋為肺內氣體因艙內
外壓差的急速改變而膨脹，並使
胸廓擴張，此時氣體由氣管排出
體外之最大速率小於環境減壓的
速率所致。

人類肺部減壓受害的資料極
少。美國空軍在常規數千次艙航
驟炸減壓的訓練中，有二位中隔
裂氣胸，一位山於肺破裂，造成
大量的氣栓症而死。德國空軍亦
有 2 位發生氣栓症，乃當爆炸減
壓時閉住氣所致。此與潛艇逃生
時，若閉住會厭，所導致氣栓症
的狀況相同。爆炸減壓時若不閉
氣，可說全然無害。在人體肺部
亦不致出現類似實驗動物肺出血
的現象。但急速減壓的瞬間若閉
氣，則可導致嚴重的狀況，甚或
死亡。



慧星號死難者肺部嚴重大量
的傷害，不可能由於快速減壓超
過人體安全之極限所致。Lovell
(1946) 的計算公式推論，慧星
號在 3 萬呎高空，在 0.062 秒的
瞬間，機艙壁裂口，破損 154 平
方呎的面積，將造成不安全的狀
況。Violette (1954) 的推論
，在 0.032 秒減壓時間，機艙破
壞超過 290 平方呎，將造成人體
之傷害。事後飛機殘骸的重組，
證明機艙壁損失為 162 平方呎，
機體分裂的減壓時間超過 0.059
秒，造成飛機的空中解體。

Sweeney 在 0.09 秒內，從 8 仟
呎減壓至 3 萬 5 仟呎（艙壓差
7.5Psi）或在 0.075 呎減壓至
3 5000 呎（艙壓差 6.55 Psi）
的百餘次實驗，均不足以造成人
員的傷害。從機體殘骸推論，急
速減壓將不足以導致部如此嚴重
的傷害，且兩次事件，亦均無大
量的氣栓症或縱隔腔氣胸的發生
，均說明了傷害非爆炸減壓所致。

柴、減速撞擊

高處落下墜地死亡極為常見
，外傷可能不顯著，但內傷却極
為嚴重，因而造成瞬間的死亡。
此種破壞力與風爆極為相似，但
屬減速力而非加速度。傷害可能
由於直接的變形，或各組織不同

的減速率，也可能由於震波的傳
導所致。Hass (1944) 從 21 位
位墜落屍體中發現，都有相當程
度的肺出血、裂傷、外傷性氣胸
、心臟破裂，主動脈撕裂、肝臟
、小腸裂傷及出血等的現象。用
小動物做實驗的結果亦同。

由於慧星號在高空解體，故
有理由推斷飛機承受兩次的減速
力。一為機艙初解體時在艙內的
碰撞，另一為撞擊於海面時。罹
難者真正脫離機身的高度無法推
測。但只要 2000 呎高度的下
墜，就足以造成每秒 160 呎的終
端末速度，撞擊海面。Merkel (1926) 的研究，由 150 呎下墜入
水，就足以造成猝死，而無溺斃
的現象。失事調查小組利用小動
物做實驗，發現墜落入水致死的
臨界速度，在小白鼠是每秒 118
呎、天竹鼠是每秒 104 呎。至於
人是每秒 94 呎。

落水的天竹鼠很少外傷，但
全都死亡。內傷極為嚴重，以 104
呎/秒高速入水的天竹鼠，肺部
呈現肋紋，肋膜下出血，並有塊
狀肺氣腫的現象，或橫膈撕裂。
顯微鏡檢查發現肺組織破壞及大
量出血（與風爆傷害相似）。所
有動物肺上葉受損均較中下葉為
輕。所有實驗動物胸、肺傷害的

結果均與慧星號罹難者相同（人無肋紋，因受種屬之影響）。因而推論：嚴重的內傷乃與水面碰撞所致。

捌、結論

慧星號罹難者屍體解剖，從醫學調查的證據得到下列的結論：

一、首先排除了爆炸破壞的可能性。

二、飛機在三萬呎高空解體，必遭急速減壓的狀況，然而由死者肺部的病理變化，證明傷害非由爆炸減壓所致。

三、證實了，所有致死的內傷，均因墜水時減速撞擊所致。

四、飛機失事醫學調查的重要性。

該次失事調查事件，當飛機殘骸未發現前，無法做進一步的研判分析，但是單從屍體傷害的型態，傷害發生先後的次序，及致死的原因，就推斷出失事的輪廓，進而指引了整個調查的方向。隨後由殘骸的打撈，機身的重組，找出失事的原因。

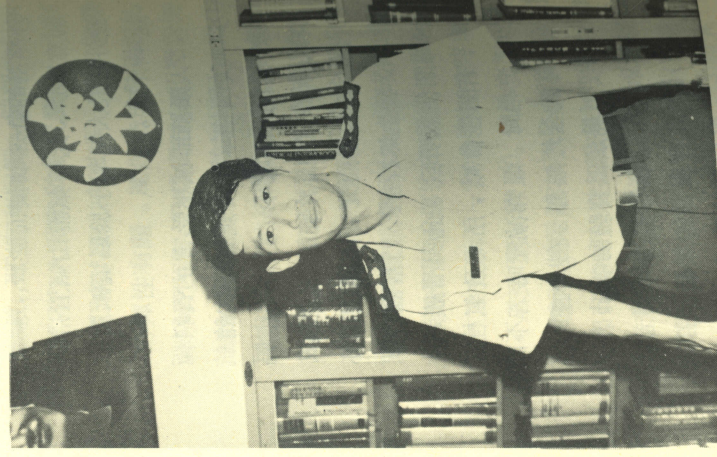
我國航空醫學之現況

航空醫學是發展空軍不可缺少的一環，也是保護我空軍健兒健康不可少之工作。我國空軍於民國 59 年有「航太組」成立，惜因限於種種因素、積效不太，後將成立「航空醫學中心」並運用到臨床上以提高空軍戰力，保障民航安全。此乃結合各方人才及應用科學，以最小組成，發揮最大功效，減少政府負擔。目前主要工作可分為(1)臨床服務組：包括各科疾病診治，保障人員健康。(2)教育訓練組：包含飛行人員低壓、重力、耐力、視力的訓練等。(3)飛行安全組：舉凡空難的預防與調查，對失事的研究等。(4)研究發展組：對航空生理、心理研究，機械的維護，人體醫學的設計，及資料檔案的建立。(5)航空心理：對飛行人員性向、心理的測驗，及輔導等。

總之航空醫學及是結合各方專業人才，亟待發展的一門科學，目前我國由於年輕醫生不願投入研究工作，故此方的人才乃甚缺乏，希望將來有更多的醫生能投入此間工作，使我國的航空醫學能更進一步。



空軍航太組實驗研究中心



飛行失事專家何邦立上校