

James P. Henry
BIOMEDICAL ASPECTS
of SPACE FLIGHT

醫學之飛行太空

李文蓉 譯

太空科學叢書

太空飛行之生理醫學

(Biomedical Aspects of Space Flight)

占士·P·亨利 原著

李文答·溫繼榮 譯

太空科學叢書之1

太空飛行之生理醫學

(*Biomedical Aspects of Space Flight*)

原作者：占士・P・亨利

譯者：李文蓉

主編者：幼獅翻譯中心

出版者：幼獅文化事業公司

發行者：幼獅書店

印刷者：高長印書局

臺北市大同街一一九號

總經銷：幼獅書店

臺北市延平南路七十一號

郵政劃撥帳號二七三七號

中華民國五十八年六月初版

每冊定價新臺幣二十元

vt535/04

序 言

在這一代，太空探測的意義，可能不是指到星球去旅行；而是對月球，與附近的行星——火星及其月球的探測。太空探測構成了一項過程的自然擴張；而此項過程，自從地球開始進化以來，已經是在進行了。

由於生命進化，其複雜性便會增加；同時複雜性帶來了感受性。敏感的生物是容易被消滅的；因之組織進化是去保護敏感的中心，禦防環境的打擊。人的身體，可視為脆弱敏感之腦部的保護體——保護它應付溫度的升降；藉血液循環，給予它常態的食物與氧氣的補給；並以腦壳及在內部的脊髓液保護它禦防震盪。社會向前邁進，有了衣服，甚至有了護身的甲冑與墊子以去應付震盪。有了暖氣與冷氣裝置的建築物，與強固並能作環境防護的囊作物（汽車、船隻、潛艇及飛機。）社會有了安頓飲水及食物補給的水庫及糧倉；有了大規模的運輸，可以把產品運往各地，以禦防饑荒。

以前，人類要爬山越嶺，要潛入水中採集海綿與珍珠，並要建造河底隧道；而今天，有着大量的空中運輸，可以遠達稀薄的大氣層；已經可以作壓力的防護及有足夠的氧氣，並能在氣壓降低時防止氣體起泡。以前，是使用鐳及X射線

；而現在，有了原子堆及中子源，人類須要知道如何去禦防高單位能量輻射的影響。這些同樣的技能可以應用到太空輻射上；因此在很久以前已經開始實施移去稀薄的地球大氣保護幕（該幕是在一個半徑四千哩的中心點之外，其厚度只有二十哩。）太空飛行乃是整個導致有效控制環境的一系列步驟中，向前邁進的一步。

把一具乘具投出吸住人及其裝備歸向地球的“重力深淵”，所須要大量能量貯存的控制消費，乃是一項偉大的成就；其係數千年來工藝學進步的頂點。這是對金屬及化學能不斷加以控制的成果。最初中國的火箭，中古時代的大砲，與及第一次世界大戰的火砲均代表着邁向火箭動力乘具發展基本的一步；而這些乘具目前已經把人送上去圍繞地球，與把儀器送到各行星去。

本書的主題在闡述每一新的工藝學步驟出現之前，其遂漸進化的建立。而太空旅行及控制環境方面所呈現的問題是表示一項挑戰；但人類對這項挑戰，曾經在海洋、在山嶽、在北極及沙漠的探測中，與在過去拓展殖民時，已具備有廣博的學習經驗。然我們也不會因為今天稍有成就，而忽略了對多少前人仔肩重擔的懷念。

作者介紹

占士、P、亨利 (James P. Henry) 是一位醫師。劍橋大學 (Cambridge University) 醫學博士。也是一位從事研究工作，有訓練的科學家。麥磯大學 (McGill University) 授予他哲學博士學位。其致力於太空飛行問題的研究凡二十年。此期間曾在南加州大學 (University of Southern California) 發明高空局部壓力衣；變成爲人用離心機專家。曾爲空軍指導先驅動物火箭的研究；並爲國家航空及太空總署的水星號計劃內，對漢及以羅斯 (Ham and Enos) 黑猩猩飛行時，協調其生物醫學方面的工作。

目前亨利博士是南加州大學的生理學教授。現與約翰·P、梅翰博士 (Dr. John P. Meehan) 共同指導一項研究計劃，包括對失血反應，對高血壓及所生應力，及對小型動物設計小型太空站。

亨利博士與奧圖鳩爾博士 (Dr. Otto Gauer) 共同發現心臟與腎臟液量控制的反射作用。其在太空醫學 (Aerospace Medicine) 的同僚們贈予他傑弗里斯及杜圖獎 (the Jeffries & the Tuttle awards) 以表彰其工作。最近，他很榮幸地被列入太空人物 (Men of Space) 叢書中最新的一冊內；並當選爲國際外太空航行術學院院士。

目 錄

緒 言	1
第一章 穿越氣洋上昇	23
第二章 脫離地球的重力深淵	53
第三章 無重量狀態問題	78
第四章 太空船——一種自立的系統	104
第五章 在太空的輻射	119
第六章 人與機器結合	145
第七章 太空人的選擇與訓練	180

緒 言

太空人類生理學的研究，不是最近發展的新科學。遠在一個多世紀以前，人類首次面臨對乘坐氣球及登山越嶺醫學上的問題已奠下了太空人類生理學的基礎。法國太空航空醫學先進保羅白提 (Paul Bert) 及其老師哥特白拿 (Claude Bernard) 已經明確地瞭解基本的原則是對環境有效的控制。在一八七八年，白拿曾寫下下面一段話：

「較高等動物實際上具有兩種環境 (Environment)：一種是生物所在地的外圍環境 (Outside environment)，另一種是組織分子生存的內圍環境 (Inside environment)。生活中的生物不是真正的生存在外圍世界上（即是在大氣中呼吸），而是生存在圍繞及浸潤在所有組織分子的循環器官的液體所形成的液體內圍世界中……圍繞着器官、組織 (Tissue) 及它們的分子 (Elements) 的內部環境是永遠不會改變的；大氣改變不能穿越超過它，因此真可以說較高等動物身體的環境狀況是不改變的。每一個內部環境都是被這種不變化的世界所圍繞，而這個不變化的世界，現在如同以前那樣；是大氣本身在一個不斷變化的世界外部。我們人類有一個其本身被包藏在類似溫室的組織。外界狀況的不斷變化不會接近它。不受外界狀況的干預而自由獨立的。一切有生命的機構，雖然它們可能有變化，但有着唯一的目標，那就是保持內部環境生命狀況的常態。

在許多與太空旅行有關連的生理學問題中，只有部份是新問題。某些如同對溫度的控制及食物與飲水的需要等問題曾經不斷地困擾着有生命的生物。現在人類對此等需要的基本原則已經妥善地確立了。我們的意圖第一是指出早期對環境奮鬥的結果，終於有太空乘具的發展；與偉大的法國生理學家在其論文所指出的自由生命狀況是內部環境常態的建立。第二是描述人類在太空旅行對環境控制方面成就的運用。

複雜生物是對溫度敏感的

太空旅行的成就僅係強調地球生命整個進化過程。這個過程反映出一項矛盾的事實，那就是生物系統變化得愈精細及愈進步，則其對環境的干預是愈為敏感。身體內有生命的細胞含有大量蛋白質分子交織成極度複雜的模型。小量子力配合適度的溫度及幾可看得見的輻射（不影響原子（Atoms）及分子（Molecules））仍有足夠的能量去擊破促成此等化合物變成特別模型的約束。它們把天然蛋白質組織破壞或“變性”變成普通雜亂的氨基酸。這就是為什麼孤立的活細胞對溫度的耐力為低的理由。哺乳動物的身體可能被認為是支持及保護腦部在常態環境的一個複雜裝置，但還是較為脆

弱的。雖然生命的過程會產生熱量，但身體的細胞仍然是對溫度變化如此敏感，以致於當溫度每升高攝氏十度時，其內部的酵素反應率可能變成兩倍或甚至三倍。儘管這是需要溫度的常態，但哺乳動物體力消耗時，必然會增加其熱量產生率至三倍或甚至六倍；同時它必須生存在差額大至攝氏四十度的外界溫度中。因此，身體必須作排熱及防寒方面有效的準備。

複雜統合中樞的腦子是依靠定時反應的龐大配置的相互作用而做成其連續性平衡的功能；而所有這些都是對溫度敏感的。比率紊亂做成反應累積或消失均會損害該器官的整個功能。哺乳動物的腦子是如此的敏感以致於體溫甚至只升高百分之十時（從華氏九十八度至一百零八度時）亦將會危害生命。實際上儘管身體熱量產生有很大的變動，但對於正常差異不過一度或二度的異於常態的體內溫度，是可以維持有效的控制。

動物的生存，不是限定在地球上某些日間與夜間或冬季與夏季的溫度祇是相差若干度的地區上。那些像蜥蜴、青蛙及蛇等不能調節體溫的冷血動物，如果想在其他地區生存，必須要作準備。當受涼時，它們身體的功能會顯著地減退。當環境溫度超過華氏一百零五度時，蛇必須趕緊尋找隱蔽處所；而小沙漠鼠，由於其在日正當中酷熱時不能節省體液使

自己身體保持清涼，必須躲藏在自己的洞穴內。有關具有複雜及敏感腦子的動物，其最重要的進化步驟已經達到使腦部具有常態內部環境的感官系統及特種回饋控制的發展。

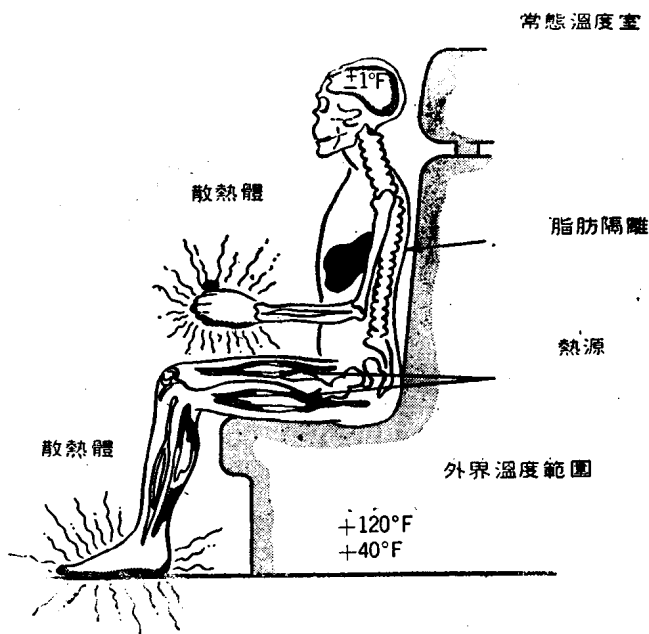
溫 度 控 制

儘管環境溫度的變動在潮濕熱帶地區是華氏二十度至三十度左右，與乾燥地區高達華氏一百度左右；但腦部溫度差別僅是華氏幾度的哺乳動物及鳥類均能够在地球上所有地區愉快地活動。其之所以能這樣的一個理由是因為身體的兩個部份——須要常態溫度的深入中心部位(**deep core region**)和能够控制環境熱量調節的外壳 (**Shell**)——是由循環系統連結起來的。人體的外壳包括皮膚及皮下脂肪組織。

熱量是由各種器官的新陳代謝而產生的，如腎、肝及特別是肌肉。由循環的血液把熱量平均分散在整個中心，同時當環境的熱量由皮膚的神經末梢傳入中心部位時，中心的溫度是由腦部小下視丘調節部位 (**Hypothalamic regulatory region**) 而感覺到的。這個部位之所以稱為下視丘是因為它位於腦子的底部，在大視丘神經節 (**ganglia**) 下面。下視丘位於脊髓向上延伸生命中樞的原鏈 (**Primitive chain**) 的頭端，與神經節連結；其上部為皮層；控制荷爾蒙的粘液腺 (

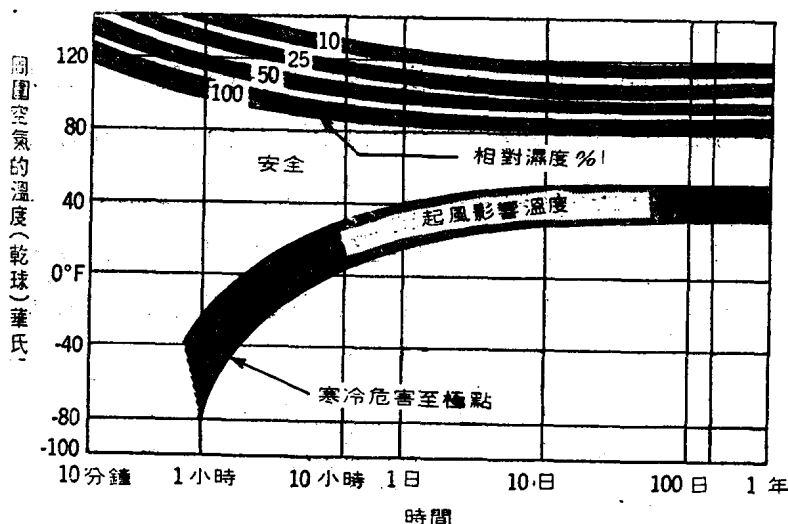
Pituitary gland) 就在其直下。原鏈下端接觸處控制呼吸、平衡循環、姿勢及其他與生命有關的機能。

當外界溫度是低時，毛皮類動物（人是包括在這一類的）的毛髮會聳立，以增加空氣隔離層的厚度。流向皮膚的血液循環會降低，同時皮膚的溫度可以下降。流經皮膚的血液從散熱體部位，面部，雙手及雙足猛烈地下降（參看插圖A）。如果毛髮聳立的方式不能使中心的溫度升高時，然後肌



圖A：人的“中心”部位藉新陳代謝及藉抖顫而產生熱量。散熱體及出汗皮膚“外殼”藉散熱、傳導、及蒸發的冷却去控制熱量損失。此二者由隔離脂肪層隔開。

丙開始運動以增加熱量的產生（通常稱作發抖）。



圖B：裸體的人在各種時間忍受溫度的極限。注意濕度的影響是會降低忍受溫度的能力；即是在乾燥沙漠地區能忍受華氏一百度，而在潮濕，夏季雨量多的森林地區最高能忍受華氏九十度。在寒冷範圍內，風會大大增加危害的時機。華氏六十度以下，手指不靈活。

由插圖B所示，裸體的人能够在無限的期間感受華氏五十度至八十度的溫度。如果環境是長期的寒冷，使人不斷地作拒寒措施時，人體的荷爾蒙亦因之受牽連；甲狀腺分泌液可能會增加，隨着便會使熱量增高。

當環境的溫度增高時，增加散熱的相反程序隨即開始。皮膚及下視丘的感覺會提供生物所須要的信號去增加熱量消耗。第一步是循環的血液會較接近身體表面，使皮膚發紅；

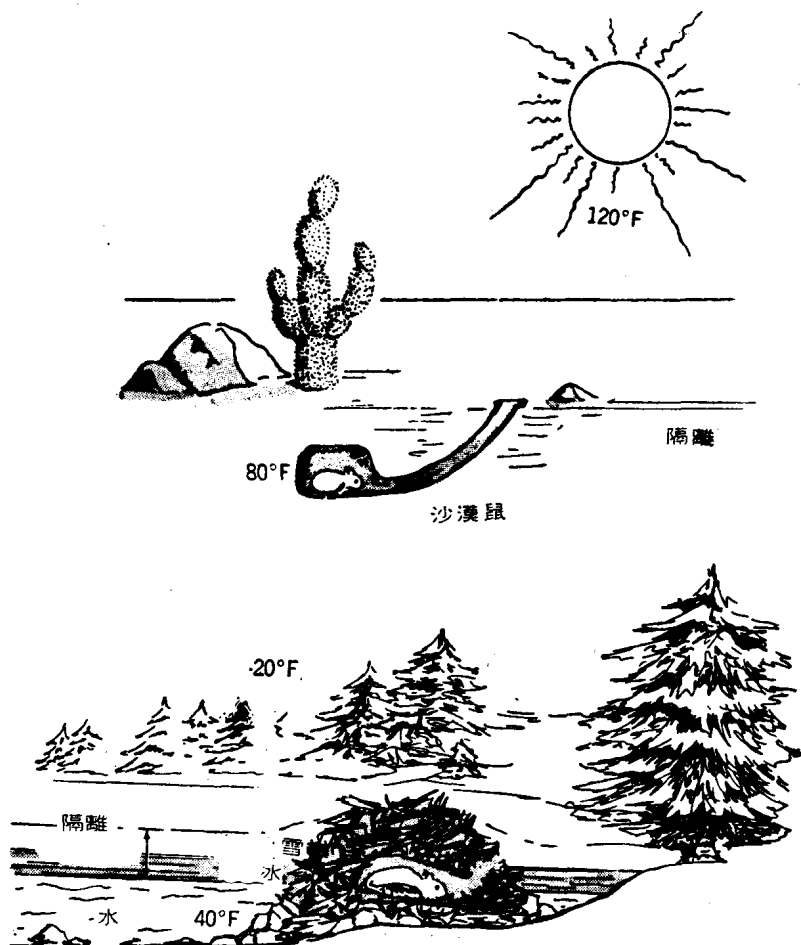
最初是在散熱體部位，如雙手，雙腳及面部。此等部位正常是較身體的其他部位爲冷。在此等部位內，動脈與靜脈之間的特別通路會張開，以加速皮膚血液的流動。如果這一步做得不適切，隱藏的汗腺及身體水份的蒸發將有助於傳導及放熱。而態勢改變從冷血動物表面細部捲縮以至熱血動物像人或狗的四肢張開。許多毛皮類動物是以喘息代替排汗。而動物所行的微弱而快速的呼吸不會使肺部獲得新鮮的空氣，與降低二氧化碳的成份；但它確能使濕潤的舌頭通風及使身體表面加速蒸發及體內血液加速循環。其他如貓那些動物，當天氣過熱時，以舌頭舔舐毛皮，俾增加蒸發，降低溫度。

行動的溫度控制

生物所能做到的恰如其本身的建造控制系統的情形那樣。較高等的動物爲了應付其體內常態溫度急迫需要的最後步驟是有賴其本身的行動去達成。

動物遭遇寒冷將會築巢，尤以那些細小的齧齒類動物，因爲其體形小，與及其身體外壳做成的隔離層難免是很薄而不適切，以致其熱量消耗是嚴重的問題。巢窩對他們的防護不僅可以防止輻射熱的消耗，而且可以防禦寒凍的氣流。一個深入的洞穴再加上巢窩能保護他們不致被捕食及禦防酷熱

及酷寒。洞穴不僅可用來保溫，而且是一個在酷熱沙漠陽光下清涼的躲藏所。較大的動物倚靠它的毛皮及洞穴。海狸以池沼為基地的巢穴就是這種非天然防護方式的一個明顯的例

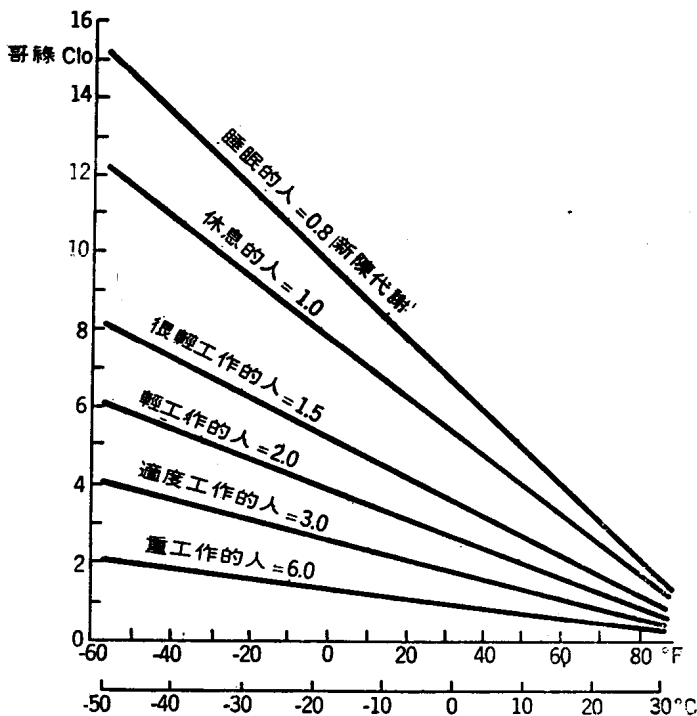


圖C：小動物藉土地或雪的隔離層保護，它們可以避免酷熱及酷寒。

子。這種巢穴使海狸在冬天時能保暖，而且可隨時到水中的入口處儲存食物及飲水。當它透過巢穴的頂部呼吸空氣時，池沼上的冰雪層可以保護它防禦冬天的嚴寒。

控制寒冷的原始技術

生活在澳洲中部或智利南部雨量多的島嶼上的裸體土人



圖D：人可以藉辛勞的工作及提高其本身新陳代謝率或熱量產生六倍時，祇穿著兩哥祿衣服，甚至是在華氏四十至六十度以下仍能保暖。當睡眠時，新陳代謝率是 0.8，須要極厚的絕熱物（十六哥祿）以防禦嚴寒。

，係藉火的控制使用與防風牆而生存的。以兩支火，一邊置放一支，可以使他在溫度低達華氏三十八度，接近冰點時得以保暖。當然在某一部位他會感覺熱，而在另一部位會感覺冷；但他的平均體溫是足以維持生存的。

愛斯基摩人 (Eskimo) 衣服及住屋二者的設計對防禦寒冷氣候均非常有效。以馴鹿皮裡面向外做成的皮外衣，再加上脚上那雙海豹皮靴，使愛斯基摩人等於穿上五套西方人的衣服。而皮裘則更為有效。衣服禦寒可以哥祿 (Clo) 單位來計算；一個哥祿是一件襯衣，一條長褲及一件薄外套所給予人體的禦寒力。圖 D 及圖 E 顯示不同環境的溫度及各種不同的體力消耗所需要的哥祿單位數量。愛斯基摩人能藉其自己製作的衣服在微氣候 (Microclimate) 的環境中適切地保護身體；而他們的衣服亦可以在亞熱帶地區穿着。

那些長形、低矮以及有掩蓋走道的雪封小屋或冰屋，對寒冷環境的防禦尤勝於海狸在池沼的巢穴。在冰屋內的愛斯基摩人一如西歐人 (Western European) 在屋子內那樣暖和。當在室外工作時，由於產生了新陳代謝作用，他們亦能够在嚴寒中保暖。愛斯基摩人就運用這些技術便可以在華氏零下三十度生存，沒有半點忍受寒冷的跡象，亦沒有半點非常適應寒冷的跡象；其能力超過那些來自熱帶的，不暖手不能工作的人。