



軍事教育

空軍官校大學生身體條件與體能因素與抗G能力的相關性

助理教授 蔡玉敏、副教授 趙淑美、中校組長 江國超

提 要

空官畢業後的基本飛訓考驗中，必須完成人生第1次人體離心機抗G能力訓測，結果可做為評估未來能否駕馭更快速度機種的參考依據，此顯示大學培養的體格與體能基石，對飛訓所需能力具有潛在影響力。本研究以56位舊制體測時期，完成大學各項體能與體育術科測驗的飛行學員為研究對象，以Pearson積差相關將各項測驗資料與抗G能力進行相關性探討，顯著水準設定 $p < 0.05$ ，以逐步迴歸方式探討各項數據對抗G能力的預測力。結果與建議：(1) 雖然身高與鬆G具顯著負相關，但逐步迴歸顯示身高、BMI分別對鬆G有0.092、0.09解釋變異量；故建議增加去脂體重重量，以應對身高較高的弊因。(2) 爬竿趟數、蹲舉次數與鬆G皆具顯著正相關，另逐步迴歸顯示滑輪下拉次數、100公尺游泳時間分別對鬆G有0.151、0.053解釋變異量；另著重下半身肌肉適能的1分鐘全場運球上籃進球數與上半身的壘球擲遠，皆與緊G具顯著正相關；可見大學從事全身性肌肉適能訓練對鬆G、緊G的重要性，唯爬竿測驗場地因改建田徑場而廢除，甚為可惜。(3) 身高、滑輪下拉次數、BMI、100公尺游泳秒數對鬆G的聯合解釋變異量38.6%(預測力38.6%)；1分鐘全場運球上籃進球數、身高對緊G的聯合解釋變異量20.9%(預測力20.9%)。雖然預測力皆未突破50%，實因行政流程上具眾多不可抗拒的影響因素，影響了真正的預測力；此等研究題材值得爭取專案進一步做更具計畫性的研究。



壹、前言

一、研究背景：

空軍官校是台灣培育國家戰鬥機飛行員的第一線基礎教育單位。學校的大學部正期班教育目標，是藉由完整、連貫性的軍事學、術科教育，以塑造軍人風範，陶冶軍人武德與武藝，培養出具有強烈國家、責任、榮譽的現代空軍幹部，並依循序漸進式原則，規劃體適能訓練課程，鍛鍊其強健體魄與膽識，再依學期期程排列測驗進度，驗收教育訓練成果(中華民國空軍官校，2014)。

為了使學生在畢業時，即符合國家職業軍人的體格素養要求，並直接與職業體能需求接軌，大學部學生的體育課教育與體能訓練，首要目標是讓學生在畢業之前，通過國軍三項基本體能的19-22歲組合格標準；其次，期望飛行組學生在畢業後，皆能通過每年的最大肌力、肌耐力等飛行員重量訓練成效鑑測，以及6分鐘內完成200公尺游泳的戰技體能測驗。因此，當初在制訂各學期的體育術科測驗項目，就是針對上述三項職能需求而進行規劃。由於四年級體育課為興趣選項，僅能持續監測三項基本體能，無法進行其他強制性的科目教學，因而必須提前在一至二年級的強制教學模式期間，其主要目的為輔助三項基本體能的訓練，設定在校體育教育科目與測驗項目；三年級時的測驗項目設定，則以攸關飛行員飛行時最需要的肌力與肌耐力為主要項目；至於游泳能力，則是自一年級起，以每年循序漸進要求方式，於每年下學期與暑訓期間，逐漸提高要求，並通過50、100、200公尺游泳測驗。然而，學生大學期間的體育教育與訓練成效，有關三項基本體能方面，可以直接從是否通過畢業合格標準而獲得確認；但是，對於是否有助其通過畢業後，接受飛行訓練時的體能鑑測需求，則是一項未知數。因此，此模糊地帶，亟需進行相關性的研究探討。

空軍官校飛行學員於接受基礎的飛機駕駛訓練過程中，必須接受人體離心機的訓練。人體離心機訓練目的，為使空勤人員瞭解並體驗在高G力環境中，生理適應的症狀、極限、操作能力受影響之程度及潛在失能的危險，並藉由模擬G力環境，訓練飛行員正確地實施抗G動作，以提高G耐力，進而提升作戰能力(文羽西、朱珮儀、江國超，2012)。大G昏迷是重大飛安事故的主要人為因素之一，飛行員可透過人體離心機訓練、從事重量訓練、善用個人裝備來提升抗G能力，還有熟悉空戰演練的G力操弄、做好抗G緊張動作(溫德生，2009)。其中，從事重量訓練以具備一定的肌肉適能水準，或是藉由體能訓練來達到體



格的控制，是大學期間就可提前進行的行為。國內研究顯示，在體能方面，垂直跳動力、下肢30秒溫蓋特無氧能力、最大肌力皆與抗G能力有關(蔡玉敏，2002；蔡玉敏、溫德生，2006)。在身體條件方面，BMI、體重值也與抗G能力有關(蔡玉敏、溫德生，2006)。據此可見，大學期間藉由規律的體能訓練生活習慣，做為符合航空體檢標準的體格品質控管作法，以及藉由體能訓練成效，以達到畢業後飛行訓練期間的抗G能力需求，都是重要的平日生活管理措施。因此，進一步瞭解空軍官校大學期間的身體基本條件因素，以及所進行的各項體能測驗成績與抗G能力的相關性，以確定大學體育教育與體能訓練，是否能達到當初設定的第二項教育目標，是亟待加以釐清的結果。

國軍三項基本體能測驗項目，舊制時期測驗項目，男生為1分鐘仰臥起坐、1分鐘引體向上(單槓)、3000公尺徒手跑步等三項，唯自民國99年起實施的新制測驗項目，前兩項已改為2分鐘仰臥起坐、2分鐘俯地挺身測驗；此外，鑑於空軍官校校內田徑場整建，導致原有的爬竿測驗，也於後續被迫替換掉。因此，進一步瞭解上述3項已被迫取消的體能測驗項目，是否攸關畢業後的職能體能需求，也是一項相當重要的問題。

綜整上述研究問題，本研究的研究目的有二，一是探討民國99年之前的空軍官校大學期間的身體基本條件與各項體育術科、三項基本體能測驗數值，與人體離心機抗G能力的最高鬆弛性G耐力、最高緊張性G耐力的相關性，並進一步瞭解已被取消的1分鐘仰臥起坐、1分鐘引體向上、爬竿等3項測驗，與抗G能力的相關性。二是以逐步迴歸方程式，探討在校期間體能數值預測抗G能力的可能性。

二、名詞解釋(國軍高雄總醫院岡山分院，2013)：

(一)人體離心機：自80年代起，許多先進國家的空軍開始利用人體離心機的G力模擬器，實施高G耐力訓練。全台灣只有一座，位於國軍高雄總醫院岡山分院的航空生理訓練中心，它具有25英尺長度旋轉手臂，結合工業科技和醫學知識的雙軸離心機，能作恒定速率、連續方向改變的旋轉，以產生持續均勻的加速度，是地面高G環境的動態模擬器，最大G力可達9G。台灣國家戰鬥機飛行員每5年必須接受一次人體離心機的訓測，唯最高限9G，以預警學員抗G耐力衰減的現象，進而強化G力昏迷危害之警覺性，防範因大G昏迷肇致的重大飛安事故，深具作戰訓練的效益。

(二)人體離心機9G：人體處在自然環境中的G力是1G，即地球之重力，在人體離心機內進行抗G力訓測時，最高訓測值為9G，9G即為人體承受9倍之地球重



力，人體重量將增加至9倍。

- (三) 鬆弛性G耐力：又簡稱鬆G(Gr)，即尚未進行抗G動作之前的最高抗G值，此階段G耐力來自於交感神經系統之感壓反射。
- (四) 緊張性G耐力：又簡稱緊G(Gs)，開始進行抗G動作的最高抗G值，此階段G耐力來自於抗G動作之技巧與能力。
- (五) G力昏迷(G-induced loss of consciousness, G-LOC)：指因為加速度慣性力而導致供應腦部的血液量突然降低，甚至停止供應，以致飛行員喪失對於飛行環境的認知，甚至失能昏。它通常發生在涉及加速度的圓周運動的空中技飛行動作，例如空戰中的激烈持續轉彎、俯衝後的急遽拉昇，由於轉彎時所產生的離心力，將飛行員頭部血液往腳的方向推擠，進而造成頭部血流量的下降。人體中，對不當的大G力反應最敏感的組織是眼睛，會發生「孔狀視野」(中央視野仍有視覺，但四周視野則呈現黑色)、或「黑視」(Black out)(全黑的視覺)等症狀，但尚未陷入昏迷，一般來說，短暫的黑視症狀只是人體產生自我保護機制的警訊，用以警告人體已經瀕臨極限，但是，若仍繼續維持甚至增加G力，則腦部將因為腦部血壓及血流量過低而造成昏厥、意識完全喪失的昏迷狀況。當持續G力超過人腦所能負荷的極限，大腦將因長時間過度缺氧而可能造成永久性傷害，或是脆弱的腦組織因持續遭受高G力而產生損害。但通常，不論於飛行中或人體離心機訓練，飛行員一但昏迷鬆桿，高G力將立刻降低並解除，短暫的G力昏迷則不至造成永久性傷害。
- (六) 抗G緊張動作(anti-G straining maneuver, AGSM)：自1941年發展迄今仍是相當有效的G耐力增強方法。此動作包括努責現象(Valsalva maneuver)與肌肉等長性收縮。前者為用力吸氣後，聲門緊閉、用力憋氣，然後以小於1秒鐘的時間，以對抗全閉的聲門迅速完成吐氣、吸氣的換氣動作，每隔3-5秒鐘進行1次此循環動作，其機轉為吸氣時，藉由胸內壓的升高，使壓力轉移至胸腔內的心臟與血管，間接地增進血液送往頭部的驅動力。後者為全身肌肉用力做等長收縮，其機轉為壓迫下肢與腹腔內靜脈血管，減少G力誘導的血液聚積，並間接地增加回心血流量，以減少大G昏迷發生率。
- (七) 抗G能力：本研究所謂的抗G能力，是指人體離心機訓測課目中，第一階段流程所測得的鬆G與緊G數值。

貳、方法

一、研究對象與方法：



本研究以56位平均 22.5 ± 0.6 歲、身高 173.5 ± 5.8 公分、體重 72.4 ± 10.4 公斤、BMI 24.0 ± 3.02 之空軍官校男學生為研究對象。這些學生在學期間皆完成以下各項體育術科測驗：舊制三項基本體能的1分鐘仰臥起坐、引體向上、3000公尺跑步。最大肌力的仰臥推舉相對肌力與最大肌力、蹲舉相對肌力與最大肌力，1分鐘肌耐力的俯臥捲腿次數、立姿蹲舉次數、仰臥推舉次數、坐姿滑輪下拉次數。漸增要求的50公尺游泳、100公尺游泳、200公尺游泳。漸增要求的400公尺跑步、800公尺跑步。一般性運動項目的助跑壘球擲遠、不限時但限趟間休息時間10秒鐘的爬竿趟數、1分鐘全場運球上籃進球數。

將大學期間的各項體育術科、及畢業前最後1次的基本體能測驗數值，與畢業後第1次接受人體離心機G耐力測驗的鬆弛性G耐力、緊張性G耐力數值，進行相關性探討，藉以瞭解大學體能與抗G能力之間的相關性，同時探討已被迫取消的3個體能測驗項目(2分鐘仰臥起坐、2分鐘俯地挺身測驗、不限時爬

項目	預測變項	校標變項
身體 條件	(1)身高 (2)體重 (3)BMI	
基本 體能	(1)1 分鐘仰臥起坐 (2)1 分鐘引體向上 (3)3000 公尺跑步	
游泳 能力	(1)50 公尺 (2)100 公尺 (3)200 公尺	
跑步 能力	(1)400 公尺 (2)800 公尺	(相關) (預測) 1.鬆弛性 G 耐力 2.緊張性 G 耐力
一般 術科	(1)1 分鐘全場運球上籃進球數 (2)助跑壘球擲遠 (3)不限時爬竿趟數	
重量 訓練 成效	(1)力姿蹲舉最大肌力與相對肌力 (2)仰臥推舉最大肌力與相對肌力 (3)1 分鐘立姿蹲舉次數 (4)1 分鐘仰臥推舉次數 (5)1 分鐘俯臥捲腿次數 (6)1 分鐘坐姿滑輪下拉次數	

圖1 研究架構圖



竿測驗)對抗G能力是否具有影響力。另以逐步迴歸方程式，進一步探討藉由在校期間的身體基本條件與各項體能測驗數值預測抗G能力的可能性。研究架構如圖1。

二、資料處理：

以SPSS 11.0版中文統計軟體作為統計分析工具。先將大學時的身高、體重數值換算成BMI(體重公斤除以身高公尺²)，並將大學期間的各項體育術科與基本體能測驗數值，再加上飛行訓練期間的人體離心機抗G耐力測驗數值，全部輸入Excel建成電子檔，再轉至SPSS建檔。

以皮爾森積差相關探討鬆弛性G耐力(以下簡稱鬆G)、緊張性G耐力(以下簡稱緊G)與身體基本條件(身高、體重、BMI)、基本體能測驗數值、各項體育術科測驗數值之間的相關性，顯著水準設定 $p < 0.05$ 。最後以逐步迴歸探討預測鬆G、緊G的標準化迴歸方程式。

參、結果

一、大學期間身體基本條件、基本體能暨各項體育術科測驗數值與人體離心機抗G能力的相關性：

經統計分析，由表1之身體基本條件與鬆G、緊G的相關性結果得知，身高與鬆G具顯著負相關($r = -0.304$, $p < 0.05$)。此項結果符合蔡玉敏、溫德生(2006)在運動測驗評估飛行生G耐力的研究結論，該研究的討論中曾指出，根據過去十年來的人體離心機訓練經驗，凡身高比較高(>180公分)且體重比較輕(<70公斤)的飛行生，發生大G昏迷的個案亦相對較多。此外，在蔡玉敏(2008)的應用肌力測驗評估初學飛行者人體離心機G耐力的研究中，以及蔡玉敏、溫德生(2006)運動測驗評估飛行生G耐力的研究中，雖然身高因素與兩項G耐力皆未達到顯著相關的水準($P < 0.05$)，但仍與兩項G值都出現負相關的現象。

表1 不同G值與身體基本條件的相關性

G力項目	身高	體重	BMI
鬆G	-0.304*	0.073	0.237
	0.023	0.595	0.079
緊G	-0.208	-0.006	0.096
	0.123	0.967	0.480

* $p < 0.05$ 、 $p < 0.001$ ***

鬆G vs. 緊G相關性=0.529***

表2 不同G值與三項基本體能測驗數值的相關性

G力項目	1分鐘 仰臥起坐	1分鐘 引體向上	3000公尺 跑步
鬆G	0.216	-0.043	0.021
	0.109	0.751	0.876
緊G	0.101	0.064	-0.001
	0.460	0.641	0.995



表3 不同G值與各項一般性體育術科測驗數值的相關性

G力項目	1分鐘 上籃	爬竿 趟數	壘球 擲遠	200公 尺游泳	100公 尺游泳	50公尺 游泳	800公 尺跑步	400公 尺跑步
鬆G	0.120 0.378	0.263* 0.050	0.193 0.154	-0.064 0.640	-0.105 0.443	0.257 0.056	-0.063 0.643	-0.153 0.259
緊G	0.321* 0.016	0.098 0.471	0.268* 0.046	-0.025 0.857	-0.057 0.676	0.212 0.116	-0.145 0.288	-0.195 0.149

* $p < 0.05$

表4 不同G值與重量訓練肌肉適能測驗數值的相關性

G力 項目	蹲舉 肌力	蹲舉相 對肌力	仰推 肌力	仰推相 對肌力	蹲舉 次數	仰推 次數	滑輪 次數	捲腿 次數
鬆G	0.225 0.095	0.206 0.127	0.114 0.401	0.122 0.369	0.300* 0.025	-0.017 0.901	0.222 0.101	0.145 0.287
緊G	0.236 0.080	0.252 0.061	0.145 0.288	0.173 0.202	0.144 0.291	-0.081 0.552	0.095 0.488	-0.064 0.640

* $p < 0.05$ 。

由表2的三項基本體能測驗數值方面得知，3個測驗數值與2項抗G能力皆未達顯著相關水準。本項結果與蔡玉敏(2008)研究中的發現，仰臥起坐的肌耐力測驗數值，與2項G力均未達顯著相關性水準的研究結果相符；也與蔡玉敏、溫德生(2006)研究中出現12分鐘跑步距離，與2項抗G能力皆未達顯著相關性水準(鬆G的 $r=0.071$ 、緊G的 $r=0.029$)的研究結果相符。

由表3的各項一般性體育術科測驗數值方面得知，不限時、但限趟間休息時間10秒鐘的爬竿趟數，與鬆G具顯著正相關($r=0.263$, $p < 0.05$)；1分鐘全場運球上籃進球數、助跑壘球擲遠，與緊G具顯著正相關($r=0.321$ 、 0.268 ，皆 $p < 0.05$)。

由表4的肌肉適能測驗數值方面得知，1分鐘的站姿屈膝90度(膝關節後方角度小於90度)蹲舉次數，與鬆G具顯著正相關($r=0.300$, $p < 0.025$)。本研究中的蹲舉、仰臥推舉的最大肌力、相對肌力數值，與2項G力值皆未達顯著相關水準，此研究結果與蔡玉敏、溫德生(2006)以59位受測者的研究中，仰臥推舉的最大肌力、相對肌力，皆與2項G值皆未達顯著相關性水準(與鬆G的 $r=0.397$ 、 $r=0.210$ ，與緊G的 $r=0.345$ 、 $r=0.233$)的結果相符。

二、大學期間之身體基本條件、基本體能暨各項體育術科測驗數值預測人體離心機鬆G的迴歸方程式：

以大學期間的身體條件與三項基本體能、各項體育術科測驗數值預測鬆G值，由表5得知，身高變項單獨的解釋變異量為0.092(9.2%)、滑輪次數為



表5 大學期間身體條件與基本體能、各項體育術科測驗數值預測鬆G值的逐步多元迴歸分析摘要表

選出的變項 順序	多元相關 係數R	決定係 數R ²	增加解釋 量△R	F值	淨F值	原始化迴 歸係數	標準化迴 歸係數
截距(常數)						22.400	
1. 身高	0.304	0.092	0.092	5.479	5.479	-0.119	-0.591
2. 滑輪次數	0.493	0.243	0.151	8.507	10.565	0.155	0.439
3. BMI	0.577	0.333	0.090	8.656	7.021	0.135	0.351
4. 100M游泳	0.621	0.386	0.053	8.002	4.363	-0.014	-0.250

0.243-0.092=0.151(15.1%)、BMI為0.333-0.243=0.09%(9%)、100公尺游泳秒數為0.386-0.333=0.053(5.3%)。整體迴歸模式的F值為8.002， $p=0.000<0.05$ ，達顯著水準。鬆G的多元相關係數為0.621，聯合解釋變異量為38.6%，也就是說，上述4個變項對依變項鬆G值的預測力達38.6%。鬆G值的迴歸方程式如下：

標準化 = $-0.591 \times \text{身高} + 0.439 \times \text{滑輪次數} + 0.351 \times \text{BMI} - 0.250 \times 100\text{公尺游泳秒數}$

三、以大學期間身體基本條件、基本體能暨各項體育術科測驗數值預測人體離心機緊G的迴歸方程式：

以大學期間的身體條件與三項基本體能、各項體育術科測驗數值預測緊G值，由表6得知，一分鐘上籃進球數變項單獨的解釋變異量為0.103(10.3%)、身高為0.209-0.103=0.106(10.6%)。整體迴歸模式的F值為6.983， $p=0.002<0.05$ ，達顯著水準。緊G的多元相關係數為0.457，聯合解釋變異量為20.9%，也就是說，上述2個變項對依變項緊G值的預測力僅達20.9%。緊G值的迴歸方程式如下：

標準化 = $0.428 \times 1\text{分鐘全場運球上籃進球數} - 0.342 \times \text{身高}$

表6 大學期間身體條件與基本體能、各項體育術科測驗數值預測緊G值的逐步多元迴歸分析摘要表

選出的變項 順序	多元相關 係數R	決定係 數R ²	增加解釋 量△R	F值	淨F值	原始化迴 歸係數	標準化迴 歸係數
截距(常數)						13.217	
1. 一分鐘上籃	0.321	0.103	0.103	6.194	6.194	0.292	0.428
2. 身高	0.457	0.209	0.106	6.983	7.074	-0.037	-0.342

肆、討論

一、身高與體重與抗G能力的關係：



鬆G，是指還沒開始加入抗G動作之前，僅靠自體自然狀態抵禦飛機快速飛行時所加諸於身體的離心力之最高值，此可視為受測者最初始的抗G能力。緊G，是指人體在高G環境中承受逐漸增加的G力，當自覺已無法再單靠自體自然狀態抵禦飛機所加諸於自體的離心力時，所進行的一連串可以提升抗G能力的抗G動作，換言之，緊G是自身能力再加上抗G動作所獲得的加乘抗G值。

由表1得知，身高與鬆G、緊G都呈現負相關性，且與鬆G達顯著負相關水準，由此可見，身高比較高者比較不利於尚未進行抗G動作之前的抗G能力表現。探究導致原因，應與早期國外學者Whinnery(1979)在人體離心機的醫學鑑定中(N=59)觀察到身高比較矮者(173.7 ± 4.1 vs. 181.1 ± 5.8 公分)的鬆G值明顯比較高。而此似乎又與心臟與眼部垂直距離之間的靜水壓差，以及心肌的做功功率有關。因為，在Wood、Code與Baldes(1990)有關保護G力的相關研究中，提及飛行員座艙座椅角度的改變，就是為了改善心臟到腦部的距離以降低顱內和眼內壓力而進行的措施。也因此，許多國家招收飛行生的身高上限為190公分，就是為了避免心臟與眼部距離過長的體型問題。

此外，由表5得知，在預測鬆G的逐步迴歸方程式中，BMI是第3順位被選入的自變項，單獨解釋變異量為0.09%，即對鬆G具有9%的預測力，由此可見BMI對鬆G具有影響力。BMI是指體重公斤除以身高公尺2所得的數值，也就是單位身高的體重值大小；BMI愈高，代表單位身高所包含的體重值愈重。Whinnery(1979)也發現體重比較高者的Gr似乎也比較高。在蔡玉敏(2002)的研究中，顯示體重值與鬆G、緊G都具顯著正相關($r=0.38$, $p<0.05$; $r=0.47$, $p<0.01$)。Gembicka(1989)讓受試者在接受抗G能力檢測之前先喝水以增加體重，結果發現增加體內水負荷有助於提升抗G能力，結論認為這是增加血漿容量的結果。蔡玉敏(2002)研究中也顯示，去脂體重與鬆G、緊G皆具顯著正相關性($r=0.35$, $p<0.05$; $r=0.42$, $p<0.05$)。由此可見，增加單位身高的體重值，有助於提升抗G能力，不過，所增加的應著重於去脂體重的重量，而不是危害身體健康的體脂肪。

二、大學體能與抗G能力的關係：

(一)與鬆G的關係：

經綜整表2、表3、表4結果得知，在眾多的大學期間體能測驗數值中，與鬆G具顯著正相關性的項目，包括不限時、但限趟間休息時間10秒鐘的爬竿趟數、1分鐘的站姿屈膝90度(膝關節後方角度小於90度)蹲舉次數等兩項。此外，在預測鬆G的逐步迴歸方程式中，1分鐘坐姿滑輪下拉次數是第2順



位被選入的自變項，單獨解釋變異量為0.151%，即對鬆G具有15.1%的預測力，100公尺游泳秒數是第4順位被選入的自變項，單獨解釋變異量為0.053%，即對鬆G具有5.3%的預測力。可見上述4個體育術科測驗項目，與鬆G之間都具有一定程度的關連性。

在與鬆G具相關性的項目中，爬竿，是訓練手腳協調施力的運動項目，動作是由下往上、或由上往下爬，腳蹬為主要的施力來源，手臂則具有輔助施力與平衡身體的功能，可以培養全身的肌力、肌耐力，還能培養意志力、專注力、冷靜的心理，學習克服困難的勇氣(沈連魁，2002)。不限時，但限定每兩趟之間的落地休息時間(10秒鐘)，完成3趟為60分、7趟100分，由於完成測驗所需時間為1至6分鐘之間，根據蔡崇濱、劉立宇、林政東、吳忠芳譯(2001)的「運動訓練法」所示，是屬於運動強度80-90%的最大肌力強度、非最大運動強度、有氧產能30%、無氧產能70%的乳酸兼有氧能量系統，同屬這種需要力量或速度、又需要耐力的運動項目，還有划船、獨木舟、400公尺游泳、1500公尺競跑。至於以1倍體重進行站姿屈膝90度蹲舉次數、以及2/3倍體重進行坐姿滑輪下拉次數所使用的能量來源，由於限定完成時間最多為1分鐘，因此，在使用能量上，屬於90-100%最大肌力強度、最大運動強度、10-20%有氧產能、80-90%無氧產能，是磷化物(ATP-PC)兼乳酸能量系統，主要從磷化物(ATP-PC)系統得到能量，小部分來自於乳酸能量系統，有氧系統沒有顯著的參與能量的提供，同屬這種能量的運動項目，還有200或400公尺競跑、100公尺游泳競賽。至於本研究所採用的100公尺游泳測驗，由於研究對象完成測驗時間，最短為1分20秒鐘，最多為3分07秒鐘，平均為2分18秒鐘，所使用的能量系統與爬竿測驗相同，會引起生理學上(如心跳率、血壓上升)的劇烈反應(蔡崇濱等，2001)。運動後的氧債與乳酸也會激烈上升(Gandelsman & Smirnov, 1970)。由此可見，本研究中與鬆G相關的體育術科測驗項目之運動耗能，包括磷化物、乳酸，及小部分的有氧能量系統，其中以乳酸能量系統為主，身體環境的酸化，是一大特徵。

另外，蹲舉主要使用肌群為股四頭肌，但是輔助肌群則包括核心肌群、臀肌、大腿後側肌、小腿肌，滑輪下拉是引體向上的替換動作，主要使用肌群為後背部的背闊肌，輔助肌群包括大圓肌、肱二頭肌、上與中背部肌肉群(章晉唯，2011)。爬竿主要使用肌群為下肢的大、小腿部肌群，輔助肌群含蓋全身性，包括手臂、核心肌群、臀部肌群(沈連魁，2002)。游泳測驗動作大致為自由式與蛙式兩種，根據張長存(1992)於大專院校游泳教練講



習會的講義資料，自由式最主要使用的肌群是上半身，如胸大肌(使用率100%)、肱二頭肌(100%)、肱三頭肌(100%)、大圓肌(100%)、後部三角肌(100%)，輔助肌群為闊背肌(98%)、斜方肌(68%)、前部三角肌(62%)、腓腸肌與比目魚肌(53%)、股四頭肌(52%)、股二頭肌(51%)、闊筋膜張肌(51%)、腹直肌(50%)、臀大肌(44%)；蛙式主要使用的肌群是下半身，如股四頭肌(100%)、股二頭肌(100%)、腓腸肌與比目魚肌(100%)、臀大肌(100%)、闊筋膜張肌(100%)，還有上肢的前部三角肌(100%)，輔助肌群為闊背肌(86%)、胸大肌(65%)、後部三角肌(64%)、腹直肌(64%)、肱三頭肌(60%)、肱二頭肌(50%)、大圓肌(50%)、斜方肌(42%)。綜整本段資料，可見在本研究中，與鬆G相關的體育術科測驗項目之使用肌肉群範圍，雖然涵蓋全身，但比例上仍比較偏重於下半身的肌肉適能，至於核心肌群，則偏重於背部肌群。不過，由於游泳是屬於週期性運動動作，因此，整體動作的熟練度與經濟性，也是影響測驗成績的要點。

(二)與緊G的關係：

經綜整表2、表3、表4結果得知，在眾多的大學期間體能測驗數值中，與緊G具顯著正相關性的項目，包括1分鐘全場運球上籃進球數、助跑壘球擲遠等兩項。另外在逐步迴歸公式上，1分鐘全場運球上籃進球數為第1順位被選入的自變項，解釋變異量0.103，即對緊G具有10.3%的預測力。可見1分鐘全場運球上籃進球數測驗與緊G最具有關連性。

1分鐘全場運球上籃進球數測驗的運動能量，屬於最大運動強度，及磷化物(ATP~PC)兼乳酸(LA)能量系統，所產生的能量主要來自於80~90%無氧、10~20%有氧系統，肌細胞內的能量轉換達到非常高的水準，但是，循環系統沒有足夠時間反應，能量消耗有60~70%依賴氧債(蔡崇濱等，2001)。因此，生理的體能條件上，比較偏重於肌肉爆發力，以及能在短時間內提供大量能量來源的無氧能量轉換途徑。至於助跑壘球擲遠測驗，由於運動時間僅需1~15秒鐘，因此運動能量屬於100-105%最大肌力強度、最大極限運動強度、磷化物能量系統，所產生的能量主要來自於90-100%無氧、0-5%有氧系統，相同的運動項目如百米競跑、舉重，這類運動的持續，限制因子包括體內氧氣的供給、肌細胞內磷化物的儲存量、及忍受高氧債的能力(蔡崇濱等，2001)。由此可見，本研究中與緊G相關的體育術科測驗項目之運動耗能，主要為磷化物與乳酸能量系統，其中以磷化物能量系統為主。

有關運動的主要使用肌群部分，在1分鐘全場運球上籃進球數測驗的整



體運球上籃動作過程中，包括運球、跨步、持球上籃等動作，其中影響進球率的重要因素應為運球期間的跑步速度、及上籃動作的熟練度。尚漢鼎、李鴻祺、江界山(2002)在九十二年全國大專校院運動會體育學術研討會報告書中，以國家男子籃球代表隊年度訓練模型之探討研究結果，認為籃球運動的主要作用肌群為股二頭肌群、股四頭肌群、脛骨前肌、腓腸肌、比目魚肌、屈趾長肌。此乃因為籃球上籃的運球期間對折跑返速度的高強度要求，以及上籃時的出手點愈靠近籃框者愈有利等兩項因素，導致籃球運動最主要的使用肌群為下肢肌群。至於助跑壘球擲遠，由於助跑壘球擲遠整體動作，是先助跑，再以墊步方式協助投擲，投擲時為全身力量一起使用，不只單靠手臂力量，尤其應注意扭腰的力量，動作順序為左手屈肘、轉身扭腰、各施力點一起用力、慣用手手臂向前做肩上投擲(教育部，2000)。因此，除了下肢推蹬地面的力量之外，還得再配合核心肌群的旋轉力量，最後再透過肩膀與手臂的投擲動作、手掌的握力，將球擲出。壘球擲遠測驗目的是全身的動力，但強調上半身的力量(彭鈺人，2000)。綜整本段資料，可見本研究中，與緊G相關的體育術科測驗項目所使用肌肉群範圍，雖然涵蓋全身，但比例上似乎比較偏重於上半身的肌肉適能，尤其是核心肌群。

三、大學時期身體基本條件與體能因素對抗G能力的預測力：

(一)對鬆G的預測力：

由表5的大學期間身體條件與體育術科、體能測驗數值預測鬆G值之逐步迴歸分析摘要表得知，身高、1分鐘滑輪下拉次數、BMI、100公尺游泳秒數等4個變項可以預測鬆G值，其中又以1分鐘滑輪下拉次數的解釋變異量0.151、預測力15.1%為最高項目。4個變項的聯合解釋變異量為38.6%，也就是說，上述4個變項可預測鬆G值的預測力為38.6%。

在李大麟、蕭新榮(1998)的1996年奧運會游泳優勝選手年齡、身高及體重之分析的研究中，男選手平均年齡22.9歲、身高187.6公分、體重80.4公斤，經與台灣(教育部體育署體適能網站，2013)同年齡層的身高(181公分)、體重(82公斤)常模相比較，皆屬95%等級以上；女子選手年齡21.5歲、172.6公分、60.8公斤，經與台灣同年齡層的身高(167公分)、體重(62公斤)常模相比較，分別屬於95%等級以上與90~95%等級。由此顯示，身高、體重因素，也是影響游泳成績的重要因素。

(二)對緊G的預測力：

由表6的大學期間身體條件與體育術科、體能測驗數值預測緊G值之逐



步迴歸分析摘要表得知，1分鐘全場運球上籃進球數、身高等2個變項可以預測緊G值，其中又以身高的解釋變異量0.106、預測力10.6%為最高項目，1分鐘上籃的解釋變異量0.103、預測力10.3%為其次。2個變項的聯合解釋變異量為20.9%，也就是說，上述2個變項可預測緊G值的預測力為20.9%。

在張世沛、陳明坤、許高魁(2006)的高中籃球聯賽甲級十六強選手體型調查研究，探討91學年度的高中男子籃球聯賽甲級前16強248名選手的體型，結果獲得平均身高都比常模還要高(15歲高於常模16.8公分、16歲高於13.3公分、17歲高於13.2公分、18歲高於13.8公分)、體重也比常模還要高(15歲高於常模15.4公斤、16歲高於12.5公斤、17歲高於13.1公斤、18歲高於12.7公斤)，研究結論認為，籃球運動員因應籃球運動的需求，必須具有比較好的身體型態。張世沛等人的研究結果已告知，籃球運動所需要的基本身材條件是身高愈高愈好，因為身高愈高愈靠近籃框，相對進球率也會大大提升，所以，上籃進球數的重要關鍵，就是身高。另經解析本研究有關影響1分鐘運球上籃進球數測驗的相關生理因素條件，顯示籃球運動除了身高重要之外，更需要高度的無氧能力與肌肉爆發力，而這兩項生理因素皆必須仰賴肌肉量的成長；肌肉量的增加，相對會增加BMI的數值。由此可見本結果完全符合預測抗G能力所強調的身體基本條件因素(單位身高條件下，體重愈高愈好)，因此屬於合理的研究結果。

雖然Webb、Oakley與Meeker (1991)研究結論認為，只有抗G動作才是決定抗G能力的主要決定因素，人體與生理變項預測抗G能力是不可靠的。但是，本研究結果顯示，身高因素是唯一一項同時出現在預測鬆G、緊G的迴歸公式中的因素，可見身高因素對抗G能力的影響力，唯須注意，在本研究中，身高與兩項G值皆呈現顯著負相關現象所釋放出來的訊息。

伍、結論與建議

一、結論：

研究目的之一，在探討民國99年之前的空軍官校正期班學生大學期間的身體基本條件與各項體育術科、三項基本體能測驗數值，與人體離心機抗G能力的最高鬆弛性G耐力、最高緊張性G耐力的相關性。研究結果顯示，1. 身高與鬆G具顯著負相關。2. 不限時、但限趟間休息時間10秒鐘的爬竿趟數，與鬆G具顯著正相關。3. 一分鐘全場運球上籃進球數、助跑壘球擲遠，與緊G具顯著正相關。4. 一分鐘的站姿屈膝90度蹲舉次數，與鬆G具顯著正相關。



就基本身體條件因素而言，身高比較高者似乎比較不利於抗G能力，但體重比較高者，則似乎比較有利於抗G能力；因此，對於身高比較高者，建議應善用增加體重的方式來降低不利於抗G能力的因子。另外，與鬆G相關的體育術科測驗項目，運動時所消耗的能量，應包括磷化物、乳酸能量系統，以及小部分的有氧能量系統，其中又以乳酸能量系統為最主要的訴求，特徵是運動後的身體環境會產生嚴重的酸化現象。至於與鬆G相關的體育術科測驗項目所使用的肌肉群範圍，比較偏重於下半身的肌肉適能，另外，核心肌群部分則比較偏重於後背部的肌群。另外，本研究中與緊G相關的體育術科測驗項目之運動耗能，主要為磷化物與乳酸能量系統，其中又以磷化物能量系統為主。至於與緊G相關的體育術科測驗項目所使用的肌肉群範圍，似乎比較偏重於上半身的肌肉適能，尤其是核心肌群。就體能因素而言，舉凡與抗G能力比較有關係的體育術科測驗項目，在影響測驗成績方面，似乎都與身高因素有關。

本研究目的二，進一步瞭解已被取消的1分鐘仰臥起坐、1分鐘引體向上、不限時爬竿等3項測驗，與抗G能力的相關性。由表2不同G值與三項基本體能測驗數值的相關性統計結果，得知鬆G、緊G值與1分鐘仰臥起坐、1分鐘引體向上測驗數值，皆未達顯著相關水準。另由表3不同G值與各項一般性體育術科測驗數值的相關性統計結果，得知爬竿測驗與鬆G值具顯著正相關性。本研究結果顯示，取消不限時、但限趟間休息時間為10秒鐘的爬竿測驗，對於預先檢測與輔助訓練飛行訓練期抗G能力的體育教育與訓練規劃而言，是一項莫大的損失。

有關本研究目的三，以逐步迴歸方式，探討在校期間體能數值預測抗G能力的可能性。研究結果顯示，預測鬆G的迴歸公式有4項自變項因素，預測緊G則僅有2項，迴歸公式分述如下。

鬆G值標準化 = $-0.591 \times \text{身高} + 0.439 \times \text{滑輪次數} + 0.351 \times \text{BMI} - 0.250 \times 100 \text{公尺游泳秒數}$ 。

緊G值標準化 = $0.428 \times 1 \text{分鐘全場運球上籃進球數} - 0.342 \times \text{身高}$ 。

本研究結果顯示大學期間的體能因素，與抗G能力之間的相關係數值都不高；而且身高、1分鐘滑輪下拉次數、BMI、100公尺游泳秒數等4個變項的聯合解釋變異量為38.6%，即對鬆G值的預測力為38.6%，1分鐘上籃進球數、身高等2個變項的聯合解釋變異量為20.9%，即對緊G值的預測力只有20.9%，預測力皆未突破50%。作者推論導致此結果的主要原因，乃抗G能力的檢測時間，多為學生畢業後一年始得實施，此期間的學習生活模式與大學期間截然不同，



因而導致體能狀況也產生變動。再者，抗G能力的最高值限定為9G，且抗G能力檢測設有最低標及格標準，此易影響受測者是否盡力完成抗G能力的檢測。

由於本研究因限制於眾多行政流程上的不可抗拒因素，易影響真正的相關性與預測力，唯仍能於出現相關係數並達到顯著相關水準或具可預測力，已屬不易的結果，應更加珍惜並善加參考運用。此等研究題材，值得爭取專案以進一步做更具計畫性的研究。

二、建議：

由於身高因素似乎與抗G能力之間，具有相當程度的影響力，因此，建議後續研擬與飛行抗G能力相關的體育術科或體能測驗項目時，應優先考量該項目的影響因素中，是否具有身高這項因素，以提高兩者之間的相關性。

此外，由於人體離心機的抗G能力檢測時間，往往與畢業日期相距一年以上，進而造成本研究以回溯方式收集各項大學期間的體能測驗數據，是否能成為預測抗G能力的指標之研究結果，往往飽受質疑。因此，若欲求更精準的獲得研究結果，應另以向國防部申請專案的方式，讓受試群體於畢業一個月內就接受人體離心機的抗G力檢測，方能使預測的準確性更受信賴。

引用文獻

- 一、文羽西、朱珮儀、江國超(2012)，人體離心機—高G耐力訓練，中華民國航空醫學暨科學期刊，26(1-2)，35-42頁。
- 二、中華民國空軍官校(2014/01/23)，空軍官校簡介，教育目標，網址<http://www.cafa.edu.tw/content/index.asp?Parser=1,4,58>
- 三、李大麟、蕭新榮(1998)，1996年奧運會游泳優勝選手年齡、身高及體重之分析，中華體育，12(3)，62-69頁。
- 四、沈連魁(2002)，創意幼兒體能遊戲架的設計與製作，91學年度(下)大專體育學術專刊，154-162頁。
- 五、尙漢鼎、李鴻祺、江界山(2002)，國家男子籃球代表隊年度訓練模型之探討，九十二年全國大專校院運動會體育學術研討會報告書，台中市：國立台灣體育學院。
- 六、張世沛、陳明坤、許高魁(2006)，高中籃球聯賽甲級十六強選手體型調查研究，國立虎尾科技大學學報，25(1)，64-71頁。
- 七、張長存(1992)。大專院校游泳教練講習會資 (基 市：國立臺灣海洋大學)，26頁。
- 八、教育部(2000)，壘球擲遠—助跑投擲，教育部數位教學資源入口網\教育部學習加油站\田徑專項訓練\高年級，網址http://content.edu.tw/primary/gym/yl_bc/temp/ru28.htm
- 九、教育部體育署體適能網站(2013)，7-23歲中小學男、女學生身高、體重百分等級常模。教育部體育署體適能網站/體適能常模/身高(或體重)，網址<http://www.fitness.org.tw/model01.php>(或<http://www.fitness.org.tw/model02.php>)
- 十、國軍高雄總醫院岡山分院(2013/01/10)，航生訓練中心，高G耐力訓練，網址http://814.mnd.gov.tw/web/04air/02train_2.htm
- 十一、章晉唯(譯)(2011)，四週練出一身肌：619種絕對有效的練肌方法(台北市：木馬文化事業股份有限公司)，原著：Adam Campbell (2010). The Men's Health Big Book of Exercises. Pennsylvania: Rodale Inc.
- 十二、彭鈺人(2000)，運動測驗與測量，台北市：師大書苑。
- 十三、溫德生(2009)，縱向加速度(+Gz)的生理影響，中華民國航空醫學暨科學期刊，23(2)，83-100頁。
- 十四、蔡玉敏(2002)，飛行生體適能與人體離心機G耐力相關研究，體育學報，32期，49-58頁。



- 十五、蔡玉敏、溫德生(2006)，運動測驗評估飛行生G耐力的研究，中華民國航空醫學暨科學期刊，20(1)，5-12頁。
- 十六、蔡玉敏(2008)，應用肌力測驗評估初學飛行者人體離心機G耐力的研究，大專體育學刊，10(1)，139-149頁。
- 十七、蔡崇濱、劉立宇、林政東、吳忠芳譯(2001)，運動訓練法(台北市：藝軒圖書)，原著：Bompa, Tudor O. (1999). Theory and Methodology of Training/4th. Human Kinetics Publishers Inc.
- 十八、Gandelsman, A., and Smirnov. K. (1970). Physiologicheskies osnovi metodiki sportivnoi trenirouki (The physiological foundations of training). Moscow: Fizkultura I Sport.
- 十九、Gembicka, D. (1989). Effect of water load in human body systems upon tolerance to +Gz acceleration. Acta Physiologica Polonica, 40(4), 393-403.
- 二十、Whyinnery, J. E. (1979). +Gz tolerance correlation with clinical parameters. Aviation Space and Environmental Medicine, 50(7), 736-741.
- 二一、Wood, E. H., Code, C. F., and Baldes, E. J. (1990). Partial supination versus Gz protection. Aviation Space and Environmental Medicine, 61(9), 850-858.

Correlation between physical conditions and physical fitness factors with anti-G endurance for Air Force Academy Students'

Yu-Min Tsai¹, Shu-Mei Chao², Kwo-Tsao Chiang³

¹ Assistant Professor of Instructor-General's Office, R.O.C. Air Force Academy

² Associate Professor of Center for General Education, R.O.C. Air Force Academy

³ Lieutenant Colonel Group Leader of Aviation Physiology Research Laboratory, Gangshan Branch of Armed Force Kaohsiung General Hospital

Abstract

In the Basic Flight Capability Assessment on R.O.C China Air Force Academy (CAFA) graduates, cadets must accomplish their life-time 1st human centrifuge training and anti-G endurance evaluation, these results will be the major reference of cadets whether they have the capability to drive higher speed jet plane or not, and also demonstrated that if cadets in the academy phase got the sufficient physique & physical training, it will make a positive and essential influence to the future combat flight training.

This study was conducted by 56 cadets who were accomplished the old institution college student physical strength and practical sports examination, and by means of Pearson correlation analysis with the data of questionnaire items and anti-G endurance value, set significant value as $p < 0.05$, use the stepwise regression method to explore the correlation between questionnaire items and anti-G endurance value, find out the predictive capability of each questionnaire items to anti-G endurance.

Our conclusion and suggestion:(1).Although body length and Gr illustrated significant



negative correlation, but through the stepwise regression method, BMI could explain Gr with 0.092 and 0.09 variances; So we highly recommend cadets increased the body weight without body fat, in order to manipulate the disadvantage of higher body length. (2).The numbers of pole-climbing trip and squats weightlifting which all reflect with significant positive correlation to Gr, by the stepwise regression method to explore the numbers of Pulley dropdown and 100 meters freestyle swim records which also got 0.151 and 0.053 explain variances to Gr ; on the one minute overall dribble layup and softball throw sports, separately focus on lower body muscular physical fitness and upper body's, both with positive correlation to Gs. Summary from these evidence, it's obvious that take full body muscular physical fitness exercise is very important to Gr and Gs for all college student, but we lost the chance to evaluate the pole-climbing exam because of Athletic field reconstructed. (3) Body length pulley dropdown counts BMI 100 meters freestyle swim records have the total explain variances 38.6% to Gr (Predictability 38.6%) one minute overall dribble layup Body length have the total explain variances 20.9% to Gs (Predictability 20.9%) Although all the predictability rate to Gr and Gs didn't exceed 50% but it's worth to make more efforts to acquire advanced study on this objective, thus we could clarify which factor was the main element to determine or affect predictability.

Keywords: anti-G endurance, cadets, university fitness

作者簡介

助理教授 蔡玉敏

學歷：桃園國立體育大學教練研究所碩士。經歷：空軍官校總教官室助教、講師，曾擔任學生田徑校代表隊教練。現職：擔任網球社團指導老師，以及學生網球校代表隊教練、空軍軍官學校總教官室助理教授。

副教授 趙淑美

學歷：高雄師範大學成人教育博士。經歷：中原大學兼任講師、空軍官校心理諮商科講師、飛行安全教育訓練中心副教授、通識教育中心副教授。現職：空軍軍官學校通識中心副教授兼社會科學組主任。

中校組長 江國超

學歷：國立中山大學管理學院醫務管理研究所碩士班，現職：國軍高雄總醫院岡山分院民診處主任暨航空生理訓練中心教育組組長。