



軍事訓練

DOI:10.29683/AFOB.202501_(240).0002

檢視中級初訓人體離心機9G個案於四個訓測流程的心跳率與相對應運動強度變化所帶來的啟示

空軍軍官學校通識教育中心副教授 蔡玉敏

提

要

本文研究目的乃檢視中級初訓模擬人體離心機9G個案飛行員的四個抗G訓測流程的心跳率與相對應運動強度變化。方法：以1位在中級初訓人體離心機第一流程達到9G抗G耐力的飛行學官為檢視對象，觀察其在四個抗G訓測流程所展現的心跳率變化情形，並以最大心跳率預測公式，換算成各個心跳率數值的相對應運動強度。結果：1.在第一流程尚未進行抗G動作的3G時心跳率，即已開始進入高強度運動等級，至於開始進行抗G動作為6.2G時，此時則屬於非常高強度運動等級。2.在第二、三、四個訓測流程中分別的最高心跳率，都達到至少高強度運動等級。3.四個訓測流程時間分別為96秒、37秒、25秒、18秒，皆偏屬於無氧運動階段。結論：四個中級初訓模擬人體離心機訓測流程分別的最高心跳率，皆屬於運動強度至少為高強度運動等級，甚至達到非常高運動等級，訓測時間皆為2分鐘之內，屬於偏向無氧運動類型。

關鍵詞：國軍飛行員、體能訓練、運動處方。



壹、緒論

當飛行器改變飛行慣性，如加、減速或進行非直線動作時，因受地心引力影響，會產生正或負的慣性重力(G力，G-force)，對戰機飛行員的生理而言是一大危險因素，所以，飛行員維持良好的抗G耐力，避免發生G力昏迷(G-force induced loss of consciousness, G-LOC)，是維持安全駕機的首要宗旨(李紀蓮等，2020)。為此，國軍飛行員必須定期接受模擬人體離心機的高G耐力訓測，以瞭解G力對人體的影響，學習正確的抗G動作，精進飛行員的抗G動作效益(文羽西等2012)。

目前臺灣僅有1座人體離心機，位於國軍高雄總醫院岡山分院的航空生理訓練中心，人體離心機是旋臂長25英尺的雙軸離心機(廠商：Latecoere公司，型號：101.5型人體離心機，如圖1)，能持續均勻的加速度，做恆定速率及連續方向改變的旋轉，最大G力可達9G (9倍人體重量)，為地面高G環境動態模擬器，是戰機飛行員高G耐力訓練的最佳場所，其效益普遍為各國所肯定(國軍高雄總醫院岡山分院航空生理訓練中心 [航訓中心]，2023)。該中心所進行的，是同時進行人體離心機的訓練兼測驗(後續簡稱訓測)課程。訓測課程依飛行員的飛訓階段與駕駛機種而有所不同，分為初、中、高等級；受測對象方面，初級初訓對象為航空醫官與生理官，中級初訓為空軍官校飛行學官(大學畢業後直接留在空軍官校接受基礎駕機訓練，尚未分派至戰鬥部隊的學官)，中級複訓為第一代機種飛行員，高級初訓為第二代機種飛行員，高級複訓為現役飛行員(陳定宗，2010，表2.3)。之後，每5年進行一次定期的高G耐力訓測，以檢測飛行員的抗G耐力狀況，預警飛行員抗G耐力衰減現象，進而強化G力昏迷危害的警覺性，防範因大G昏迷肇致的重大飛安事故(航訓中心，2023)。

臺灣空軍飛行員的培訓過程，分為訓練重點為空軍官校基礎的慢速機、快速機起飛、降落階段的飛行訓練，接著是晉升到台東志航基地進行快速機、戰鬥機的各种飛行技能訓練，最後才是分派到各飛行戰鬥部隊執行各式戰機的換裝訓練暨捍衛國家領空飛行任務。本研究對象設定為尚在空軍官校進行基礎飛訓階段的學官，主因影響抗G耐力的因素眾多，但是該階段為首次接受人體離心機訓測，通常受測學官的抗G動作尚未成熟，因此，人身本身的體能狀況很容易會成為影響抗G耐力的重要因素(蔡玉敏，2001)。此外，由於在基礎飛訓階段晉升戰機階段之前，必須接受並通過相當重要的中級初訓人體離心機訓測，因此，本研究以接受人體離心機中級初訓並具備9G抗G耐力的空軍官校學官為研究對象，再以中級初訓的四個流程(航訓中心，2016，56-57頁)為研究測驗項目，以瞭解在基礎飛訓階段的抗G耐力



訓測所需體能型態。

戰機快速增G率對人體生理是一大挑戰，為保持駕機意識清楚，必須具備良好的抗G耐力，而提升抗G耐力的最主要方法，除了能夠進行正確且熟練的抗G動作之外，人體具有與抗G動作相關的體能水準則是另一項重要的影響因素。事實上，體能概分為有氧與無氧運動兩大類型。根據國內學者(蔡玉敏，2001)研究顯示，當抗G動作正確性分數達13分以上(滿分15分)時，會顯現出下肢的30秒鐘溫蓋特無氧能力的最大動力、仰臥推舉肌力、垂直跳動力等短時間、高強度運動能力，都與最高抗G耐力值呈顯著正相關。此外，在相關的飛行員體適能訓練計劃與規定顯示，戰機飛行員的抗G耐力體能訓練，應當以肌力訓練為主、心肺適能訓練為輔(蔡玉敏、吳柏翰，2019)。此外，根據劉立宇等(2015)參考McArdle等(2007)與Brook等(2000)的研究結果，綜整而得的競賽活動主要能量來源，概分為持續運動兩分鐘之內，能量供應以無氧能量為主的系統，以及兩分鐘以上，能量供應以有氧能量為主的系統等兩大類。另外，根據航訓中心的人體離心機訓測控制室的儀表螢幕顯示，第一至四個訓測流程時間長度分別為96秒、37秒、25秒、18秒。綜整上述文獻

資料得知，中級初訓人體離心機四個訓測流程期間的所需體能，應該是偏向於無氧運動時間的範疇。至於接受訓測期間所展現的運動強度，則有賴於監測與分析受測當下所展現的心跳率與相對應運動強度的變化情形。瞭解人體離心機訓測時所需的體能屬性，有助於協助空軍官校飛行教育與訓練單位，

圖1. 臺灣的人體離心機



在未來提供給飛行學官有關於面對人體離心機訓測之前的相關體能的正確準備方向。

取自：國軍高雄總醫院岡山分院航空生理訓練中心 (2023，8月05日)。高G耐力訓練。作者。<https://814.mnd.gov.tw/aopo/cate2/sn2/>

貳、方法

一、研究對象

本研究對象是一位身高165.2公分、體重83.5公斤、身體質量指數30.6的25歲前臺灣國軍羅姓男飛行員(以下簡稱羅員)，在接受國軍飛機駕駛訓練期



間，依國防部規定，必須於不同飛訓階段，接受不同等級的人體離心機訓測流程而接受中級初訓訓測，並於訓測後自願提供個人的訓測結果做為本研究的研究測驗數據。

本研究對象羅員的鬆弛性G耐力與緊張性G耐力訓測值分別是6.1G、9.0G（訓測限定的最高G值），對照臺灣近20年1502位完成中級初訓的飛行員中人體離心機高G耐力訓測資料顯示，平均鬆弛性G耐力是 $5.27 \pm 0.96G$ 、平均緊張性G耐力是 $8.16 \pm 0.85G$ （李紀蓮等，2020）。顯示在相同的中級初訓飛行階段中，羅員的抗G耐力堪稱平均水準之上，故其個人所測得之各項抗G耐力與生理數值，皆相當值得本研究參用。

此外，抗G動作的正確性，確實可從飛行經驗的累積，以及人體離心機的抗G動作訓測中累進而來。本研究對象為人體離心機中級初訓學官，實為第一次接受人體離心機訓測，且為第一飛行階段學官，此等條件可以限定該員的飛行經驗與人體離心機訓測機會，以避免本研究結果陷入因人體離心機訓測或飛行經驗累進而導致抗G耐力提升的窘境。

二、研究方法

（一）目前臺灣僅有1座人體離心機，位於國軍高雄總醫院岡山分院的航空生理訓練中心，有關飛行員的人體離心機訓測，必須由院內已完成專業訓練的航空生理醫官依規定程序執行訓測。人體離心機為一座具有監測心跳率等生理狀況，以及攝影功能的飛行員抗G耐力訓測的設備儀器，本研究是飛行員先完成人體離心機訓測後，再回顧監視錄影畫面，並記錄所顯示的心跳率數值。臺灣國軍飛行員的人體離心機中級初訓四個訓測流程內容（陳定宗，2010，26頁）解說如下：

1. 第一流程：是以每秒0.1G增G率，從1.4G至9G逐漸增速情況下，進行最高抗G耐力訓測流程，主以檢測個人的最高鬆弛性G耐力與緊張性G耐力。在此漸增G值乘載過程中，受測者於不使用任何外加的抗G措施下接受測試，直到喪失50%周邊視野與視覺產生灰視時，此代表以到達在持續性正G力作用下所引起的視覺與血流改變之生理終點，此時的G值即為鬆弛性G耐力[relaxed G tolerance]。在達到鬆弛性G耐力值之後，隨即進行抗G動作(Anti-G Straining Maneuvers[AGSM])，抗G動作是指下肢骨骼肌肉進行等長性向內收縮，並配合節律性憋氣動作，藉由提升腹內壓及血液回流機制，促使心臟輸送更多血液往頭部，以提升腦組織的血壓及血流量，進而防止G力昏迷(陸逸中等，2020)，藉由正確執行的抗G動作，喪失的



周邊視野將有所回復，直到漸增G值再度到達個體的生理極限而發生第二次灰視甚至黑視時，此時的G值即為緊張性G耐力 [straining G tolerance] (李紀蓮，2020)。基於安全考量，第一流程的最高G值限定為9G，總長時間為96秒。

本研究對象在無抗G動作期間所展現的最高G耐力值為6.1G，第一流程開始後至第67秒之久；進行抗G動作期間為6.2G至9G，此段時間長為29秒。

2. 第二流程：進行抗G動作，並以每秒3G增G率從1.4G開始上升，於6G持續30秒後結束，整個流程時間為37秒。
3. 第三流程：進行抗G動作，並以每秒3G增G率從1.4G開始上升，於7.5G持續15秒後結束，整個流程時間為25秒。
4. 第四流程：進行抗G動作同時做檢查六點鐘方向的轉頭動作，並以每秒3G增G率從1.4G上升，於6G持續10秒後結束，整個流程時間為18秒。
5. 每兩個流程之間進行間歇休息，受測者於怠速1.4G狀態下放鬆休息，休息時間的長度則視主測的航空生理醫官的主觀評估（視受測者的精神狀況、生理與心跳率狀況是否正常等綜合因素）而定。

(二) 各種心跳率的獲得方式：

1. 檢視羅員進行人體離心機的每個流程影片，再記錄第一流程過程中每個G值（最小值差為0.1G）的心跳率，以及第二、三、四流程的開始時心跳率、期間最高心跳率、結束時心跳率。
2. 羅員的人體最大心跳率預估值：依據Tanaka等（2001）的最大心跳率預測公式為 $208 - (0.7 \times \text{年齡})$ ，經計算後，獲得羅員的人體最大心跳率為每分鐘191次。

(三) 運動強度的定義：

1. 運動強度的計算：將各訓測期間所記錄的心跳率，除以羅員的最大心跳率，再乘以100，即得該抗G耐力數值時的相對應運動強度百分比數值。
2. Norton等(2010)將運動強度分為5個等級：1.「久坐不動者」，從事<40%人體最大心跳率或<20%最大攝氧量。2.「輕度(低強度)運動者」，從事40-55%人體最大心跳率或20%-40%最大攝氧量且可維持此運動60分鐘以上。3.「適度(中強度)運動者」，從事55-70%人體最大心跳率或40-60%最大攝氧量且可維持此運動30至60分鐘。4.「積極(高強度)運動者」，從事70-90%人體心跳率或60-85%最大攝氧量且無法一直講話、但約可維持



30分鐘活動。5.「非常高強度運動者」，從事 $\geq 90\%$ 人體最大心跳率或 $\geq 85\%$ 最大攝氧量，但通常無法維持10分鐘活動等。

三、資料分析

以描述性統計呈現不同抗G耐力時的心跳率，以及換算而得的運動強度數值與等級。

參、結果

一、人體離心機第一流程的G值變化之心跳率與相對應運動強度的變化

首先，在人體離心機中級初訓的第一個訓測流程中，羅員自6.2G開始進行抗G動作，所以最高鬆弛性G耐力為6.1G，最高緊張性G耐力則為最高限度的9G。其次，根據Tanaka等（2001）的人體最大心跳率預測公式換算得知，羅員的最大心跳率為每分鐘191次。

羅員的人體離心機第一流程整體抗G訓測期間，在尚未進行抗G動作之前的狀況，1.4G至2.9G時的每分鐘心跳率為122次至132次，換算為63.9%至69.1%最大心跳率，屬於中強度運動狀態；處於3G至6.1G時的每分鐘心跳率為135次至171次，換算為70.7%至89.5%最大心跳率，屬於高強度運動狀態。在進行抗G動作期間，6.2G至9G抗G動作期間的每分鐘心跳率為172次至194次，換算為90.0%至101.6%最大心跳率，屬於非常高強度運動狀態。羅員的人體離心機第一流程抗G訓測期間的心跳率與運動強度變化如表1。

表1.

羅員的人體離心機第一流程抗G訓測期間的心跳率與運動強度變化

G 值	1.4G	2G	3G	4G	5G	6G	7G	8G	9G
心跳率（次/分鐘）	122	126	135	148	158	170	182	187	194
預估運動強度	63.9	66.0	70.7	77.5	82.7	89.0	95.3	97.9	101.6
運動強度分級	中強度		高強度			非常高強度			
（是否進行抗 G 動作）	（無）		（6.2G 開始）						

註：運動強度(%最大心跳率)，依據 Tanaka 等(2001)最大心跳率預測公式，估算羅員最大心跳率為每分鐘 191 次。強度分級，依據 Norton 等(2010)。

二、人體離心機第二至四流程抗G動作期間時的最大心跳率與相對應運動強度

由表2得知，羅員的人體離心機第二、三、四訓測流程，加速前的安靜坐姿心跳率與加速(抗G動作)期間的最高心跳率，乃至結束時的心跳率，分別為第二流程的每分鐘125次、先上升至183次、再下降至157次。第三流程的137次先上升至188次、再下降至163次。第四流程的146次先上升至165次、再下降至164次。經換算運動強度，分別為：



- (一) 第二流程開始時的65%最大心跳率，先上升至96%、再下降至82%，運動強度為中→非常高→高。
- (二) 第三流程開始時的72%最大心跳率，先上升至98%、再下降至85%，運動強度為高→非常高→高。
- (三) 第四流程開始時的76%最大心跳率，先上升至86%、再持平於86%，運動強度為高→高→高。

羅員的人體離心機第二、三、四個流程抗G訓測期間的心跳率與運動強度變化如表2。

表2.

羅員的人體離心機第二至四流程抗G訓測期間的心跳率與運動強度變化

流程	第二流程	第三流程	第四流程
心跳率(次/分鐘)	125→183→157	137→188→163	146→165→164
預估運動強度	65→ 96→ 82	72→ 98→ 85	76→ 86→ 86
強度分級	中→非常高→高	高→非常高→高	高→高→高
心跳率增加幅度	31.7%	27.1%	11.5%

- 註：1. 第二、三、四流程同樣以每秒3G的升G率，皆由1.4G分別上升至6G、7.5G、6G。
 2. 運動強度(%最大心跳率)，依據 Tanaka 等(2001)最大心跳率預測公式，估算羅員最大心跳率為每分鐘191次。強度分級，依據 Norton 等(2010)。
 3. 心跳率增加幅度=(最高心跳率-起始心跳率)/起始心跳率×100。

肆、討論

一、探討第一流程漸增G力訓測時的運動強度變化情形

(一) 影響最高G值時的心跳率因素

本研究對象到達9G時的最高心跳率為194次，高於陳定宗（2010）的100位平均23.3歲（22至26歲）中級初訓組到達最高G值（8.2 ± 0.8G）時的最高心跳率169 ± 16次，也高於33位平均36.5歲（28至49歲）的中級複訓組到達最大G值（7.9 ± 0.8G）時的最高心跳率152 ± 17次。陳定宗認為，影響人體離心機訓測時的心跳率因素，除了暴露於高G環境下的持續時間之外，還有年齡（顯著負相關），以及駕機飛行時數（顯著負相關）這個相當關鍵的因素。本研究作者認為，年齡與駕機時數可視為技術與面對挑戰時的心理成熟度，年齡或駕機時數愈高，及代表技術與面對挑戰時的心理成熟度愈高。

所以，造成本研究對象到達最高G值時的最高心跳率，與陳定宗的兩組之間有所差異的可能原因，除了因為本研究對象成功挑戰9G導致暴露於高G環境下的持續時間較長之外，也可能是因為本研究對象為人體離心機的初訓



者，導致在心理方面，當面臨抗G耐力訓測時，會產生較高的急性壓力，急性壓力會產生戰鬥或逃跑反應（Fight-or-flight response），造成緊張、憤怒、焦慮、恐懼、抑鬱等多面向的情緒反應，並活化交感神經程度、提升心跳率（洪紫宸、朱信，2012）。綜合了生理與心理兩層面的因素，堆疊出本研究對象在到達9G時的心跳率比陳定宗的兩組研究對象皆為高的現象。

（二）有無進行抗G動作的心跳率差異

此外，羅員在未開始進行抗G動作的最高G值（鬆弛姓G耐力）是6.1G，當時的心跳率為171次、89.5%最大心跳率，屬於高強度運動等級。至於開始進行抗G動作的6.2G時，心跳率為172次、90%最大心跳率，屬於非常高強度運動等級。可見抗G動作的進行時機點，有可能是高強度運動等級進入非常高強度運動等級的臨界點。

其實，在第一流程的第37秒、3G時，就已達到心跳率135次、70.7%最大心跳率的高強度運動狀態，可見在第一流程中，受測者的生理很早就開始面對高強度運動等級的挑戰。因為，依據靜水壓理論，若在無其他生理的代償反應之下，每增加一個正G力時，頭部的血壓將減少22至25毫米汞柱，故人體持續暴露於高正G力環境下，頭及眼部血流將供應不足，視網膜首當其衝受到影響，會因血液灌流不足而產生視力減退、週邊視野喪失、視覺敏銳度減低與視覺模糊（李紀蓮，2020）。人體為了避免因此發生G力昏迷現象，生理必然會產生代償作用，亦即相對應的提升血壓、心跳率（Watenpaugh et al., 2002）。當心跳率到達某個水準，生理代償能力無法應付過大的地心引力作用時，便開始進行抗G動作，以增加額外壓力的方式，協助心血管作功，繼續維持頭部血流量、保持清醒狀態。

由本研究中顯示，進行抗G動作時是6.2G，當時是心跳率172次、90%最大心跳率、非常高強度運動的狀態，可見抗G動作必然是一項相當激烈的人體運動動作，才能使飛行員達到保持頭腦清醒的目的。

三、整體訓測流程適當的體力付出應對方法

本研究表2的統整結果顯示，在第二流程6G持續進行30秒抗G動作期間的最高心跳率是183次、96%最大心跳率、非常高強度運動等級。但是在陳定宗（2010）的100位平均23.3歲同樣的中級初訓第二流程中，最高心跳率為142次、74%最大心跳率，僅屬於高強度運動等級。造成兩個研究之間的差異現象，可能是因為在第一流程中，本研究受測者的最高G值為9G，而陳定宗的受測組僅為8.2G。由於暴露於高G環境的持續時間會向上堆疊出運動強度（陳定宗，2010）。可見本研究對象在第一流程所付出的體力比較多，產生的疲勞程度也比較高，進而影響了第二流程期間的體能狀態。



由此可見，若在第一流程成功挑戰9G，將會提升後續訓測流程的體能負荷壓力。由於人體離心機中級初訓共有四個流程，必須四個流程皆成功完成才算通過測驗，因此，對於在第一流程時，是否應該鼓勵受測者挑戰9G極限？或者選擇低空掠過及格標準以節省整體體力的付出，以留著應付後續訓測流程的體力需求？此觀念值得進一步加以思考。當然，對於體能程度較差的受訓對象，則可建議其採取此種比較投機取巧的體能付出應對方式，以提升抗G訓測的通過率。

此外，表2顯示不同流程的開始時心跳率，第二流程是125次，第三流程是137次，第四流程為146次，隨著測驗流程次數的增加，流程開始時的心跳率也逐漸提升。此現象對於羅員來說，釋出兩個可能的訊息：一是，每兩個訓測流程之間的中間休息時間，不足以讓羅員的體能狀況獲得充足的恢復，也就是說，訓測流程的中間休息時間掌控設計，對羅員來說，似乎不太理想。二是，羅員的身體質量指數高達30.6，屬於中度肥胖者（衛生福利部國民健康署，2023），體重過重者的運動後心跳率恢復速度會比較慢（Dimkpa et al., 2023），依此導致羅員在接受抗G訓測當時的體能程度，尚不足以讓他在第一流程成功挑戰9G之後，接著仍能從容的應付第二、三、四個流程，也就是說，羅員的體能程度，可能無法從容的應對較長時間的抗G動作訓測需求（換句話說，羅員平日的飛行員體適能訓練尚待加強）。

表2顯示第二、第三、第四流程的最高心跳率所代表的運動強度分別為非常高、非常高、高。由此可見，對羅員來說，舉凡在需要進行抗G動作的任何G值環境下，其運動強度至少是高強度運動的等級。

伍、結論

- 一、在人體離心機第一流程中，即使是尚未開始進行抗G動作的第37秒、3G時，也會因為靜水壓理論，在生理代償作用下，逐漸提升血壓、心跳率，進而開始達到高強度運動等級，可見第一流程在經過37秒之後，就必須以高強度運動等級的體能水準加以應對。
- 二、尚未進行抗G動作的最高G值為6.1G，當時仍屬於高強度運動等級，但當6.2G開始進行抗G動作時，則已達到非常高強度運動等級，顯示進行抗G動作的時間點，是高強度進入非常高強度的臨界點。
- 三、在第二、三、四訓測流程進行抗G動作期間的最高心跳率，都至少會達到高強度運動等級，可見抗G動作，是一項高強度運動等級的人體運動狀態。



陸、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。https://doi.org/10.7011/JAMSRC.201212.0035
- 二、李紀蓮、朱信、鄭兆堅、文羽西、林信宏、江國超、杜旻育 (2020)。人體離心機高G耐力訓練二十年資料分析。中華民國航空醫學暨科學期刊, 34(1-2), 15-28。https://doi.org/10.7011/JAMSRC.202012_34(1_2).0002
- 三、洪紫宸、朱信 (2012)。簡介唾液壓力反應生物指標。中華民國航空醫學暨科學期刊, 26(1&2), 27-34。https://doi.org/10.7011/JAMSRC.201212.0027
- 四、陳定宗 (2010)。高G人體離心機訓練對不同飛行時數飛行員心率的影響分析 [未出版碩士論文]。義守大學。
- 五、陸逸中、莊易倫、陳永立、鄭馥宗、賴重宇 (2020)。飛行員體適能與抗G動作效益的評估。中華民國航空醫學暨科學期刊, 34(1&2), 51-58。https://doi.org/10.7011/JAMSRC.202012_34(1_2).0005
- 六、國軍高雄總醫院岡山分院航空生理訓練中心[航訓中心] (2016)。國軍航空生理醫學。作者。
- 七、國軍高雄總醫院岡山分院航空生理訓練中心[航訓中心] (2023, 8月05日)。高G耐力訓練。作者。https://814.mnd.gov.tw/aopo/cate2/sn2/
- 八、劉立宇、吳芳忠、林政東、鄭景峰、吳柏翰、林明儒譯 (2015)。運動訓練法, 22頁, 圖1.15。台北市: 藝軒圖書。原著: Tudor O. Bompas, G. Gregory Haff。
- 九、蔡玉敏 (2001)。飛行生體適能與人體離心G耐力相關研究。體育學報, 32, 49-58。https://doi.org/10.6222/pej.0032.200109.5634
- 十、蔡玉敏、吳柏翰 (2019)。戰機飛行員抗G力之體能訓練策略。中華體育季刊, 33(4), 231-241。https://doi.org/10.6223/qcpe.201912_33(4).0003
- 十一、衛生福利部國民健康署 (2023, 6月29日)。BMI測試。衛生福利部國民健康署健康九九。https://health99.hpa.gov.tw/onlineQuiz/bmi
- 十二、Brooks, G. A., Fahey, T. D., White, T. P., Baldwin K. M. (2000). Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Application. 3th ed. Mountain View, CA: Mayfield.
- 十三、Dimkpa, U., Godswill, R. C., Okonudo, P., & Ikwuka, D. (2023). Heart rate responses at rest, during exercise and after exercise periods in relation to adiposity levels among young nigerian adults. Journal of Obesity and Metabolic Syndrome, 32(1), 87. https://doi.org/10.3920/CEP220015
- 十四、McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2007). Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance. 6th ed. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins.
- 十五、Norton, K., Norton, L., & Sadgrove, D. (2010). Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. Journal of Science and Medicine in Sport, 13(5), 496-502. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.09.008
- 十六、Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. Journal of the American College of Cardiology, 37(1), 153-156. https://doi.org/10.1016/S0735-1097(00)01054-8
- 十七、Watenpugh, D. E., Cothron, A. V., Wasmund, S. L., Wasmund, W. L., Carter III, R., Muentner, N. K., & Smith, M. L. (2002). Do vestibular otolith organs participate in human orthostatic blood pressure control?. Autonomic Neuroscience, 100(1-2), 77-83. https://doi.org/10.1016/S1566-0702(02)00142-X

作者簡介

蔡玉敏 副教授

學歷：桃園國立體育大學教練研究所體育碩士；經歷：空軍官校聘僱教師、文職助教、專任講師、專任助理教授、專任副教授、空軍官校教職員網球隊教練、空軍官校學生網球隊教練、空軍官校田徑隊教練；現職：空軍官校通識教育中心副教授。