



從「影響人體心搏週期的因子」探討 實驗活動如何應用於 「探究與實作」課程

教師 蔡任圃
臺北市中山女高
captain.okw@gmail.com



掃描QRcode，
下載最新電子檔

前言

於第17期的《生物搜查線》中，我曾分享以昆蟲為實驗動物的推廣實驗（蔡，民105），其中包含蟑螂心臟運動的觀察，並探討溫度、餵食糖液兩項因子對昆蟲心搏週期的效應。昆蟲屬於開放式循環的動物，若能另以閉鎖式循環的實驗動物，進行各項因子影響心搏週期的相關探討，就可比較開放式與閉鎖式循環的動物，其維持循環系統恆定之機制的異同。本文以人體為實驗動物（屬閉鎖式循環），探討各項因子對心搏週期的效應，不但易操作、效果明顯，可應證生物課所學，也能與昆蟲的心搏週期性質比較，建立循環系統調節機制的整體概念，例如我們曾比較姿勢改變對蟑螂與人體心搏週期的效應（高與蔡，民103），亦可發展成探究性的實驗活動，或作為生物課程的延伸補充。

本文透過測量人體脈搏作為心搏週期的生理表徵指標，以呼吸運動、身體姿勢變換及潛水反射等因素，探討各項因子對人體脈搏週期的調節作用。此外，本文也討論教師要如何評估所開發的課程模組是否符合107課綱【自然科學探究與實作】的課程精神。

本實驗活動的教學目標

一、認知目標

1. 了解人體心臟與循環系統的相關特性。
2. 了解環境因子對人體循環系統的影響。
3. 了解人體循環系統在生理恆定中的角色。
4. 比較開放式與閉鎖式循環系統的異同。

二、技能目標

1. 學習實驗的流程、實驗設計與科學過程技能。
2. 藉由團體合作方式，學習分工合作的技巧與相互協調、支援的能力。

三、情意目標

1. 養成愛護生命的態度。
2. 藉由互相分享觀察與實驗成果，培養欣賞他人努力與能力的習慣，進而學會尊重周遭的生物。



原理說明

人體心搏週期受外在與內在環境的調節。例如：在人體吸飽氣後憋氣時，因肺泡漲大，刺激迷走神經，進而抑制了心跳率；另一方面，肺泡皮膜上的微血管網受到壓迫，使肺循環的血液無法順利流通。同樣的，在盡力呼氣後再憋氣時，因肺臟縮小造成肺泡塌陷，同樣使得微血管網受到壓迫，血液亦無法順利流通。在上述兩種情形下，因肺循環的回心血減少，使心臟的輸出（心輸出量）降低，此時心跳率下降，以因應血液不足的情形。身體的姿勢也會影響心搏週期，例如在平躺後上半身突然起身，或是蹲下時突然站起，都會因血液流向下肢，使心臟附近的血壓受器（主動脈與頸動脈上的血壓受器）偵測到血壓下降，透過交感神經的反射作用，使心跳率增加、血壓回升，以維持血壓的恆定。外界的刺激亦會調節心跳率，例如將沾濕的毛巾蓋於臉上，會使心跳率下降，這個反射稱為潛水反射（Diving Reflex），常見於海洋哺乳類。當這些

動物潛水時，其呼吸終止，心跳率、代謝率下降，以節省氧氣的消耗，但人體也存在著這種反射，部分科學家因這個原因與其他理由，提出水猿理論（The Aquatic Ape Hypothesis）（伊蓮·摩根，2005），認為人類過去曾有一段時間是行水生或半水生生活的，但目前此理論仍證據不足，不被大多數科學家接受。

測量人體脈搏的實驗流程

1. 將學生進行分組，每組約四人，其中一人為受試者，一人負責把脈，一人負責計時，一人負責記錄。計時者利用碼表進行計時（圖一）。
2. 受試者以坐姿閉眼的狀態放輕鬆，把脈者持續進行脈搏的計算。
3. 計時者每十秒鐘報時一次，記錄者每十秒鐘記下把脈者報出的脈搏次數（記錄於表一），只計算十秒內的脈搏次數，不需累加。

表一：測量人體脈搏的實驗數據記錄表。

時間		0-10秒	11-20秒	21-30秒	31-40秒	41-50秒	51-60秒	61-70秒
處理		正常狀態		因子作用		恢復正常狀態		
心跳率 (次 / 10秒)	1							
	2							
	3							
	4							

（註：表中的因子作用代表執行所探討的因子，例如：吸氣後憋氣、呼氣後憋氣、由蹲姿或躺姿立起、由立姿或坐姿蹲下或躺下、臉上覆蓋濕紙、臉上覆蓋乾紙、脖子覆蓋濕紙等因子。）



圖一：測量人體脈搏（心跳率）時的任務分配，一人為受試者，一人負責把脈，一人負責計時，一人負責記錄。



圖二：探討改變姿勢對人體心跳週期的效應時，由蹲姿立起的過程（左→右）。



圖三：探討改變姿勢對人體心跳週期的效應時，由躺姿抬起雙腳的過程。



圖四：進行潛水反射的相關探討時，臉上覆蓋濕紙的過程。紙片預留孔洞供呼吸所需。

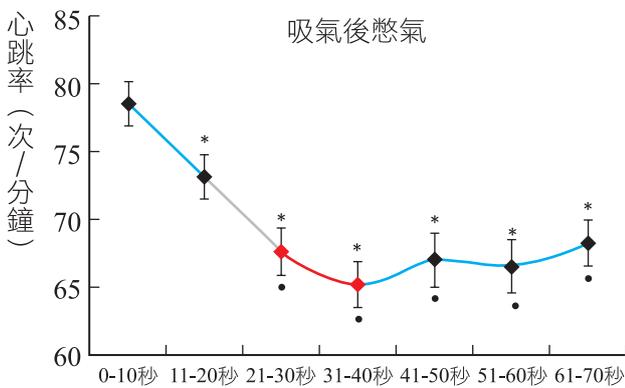
4. 依上述方法記錄受試者的平穩脈搏約20秒（記錄2次）。
5. 接著改變受試者的狀態或姿勢，也就是所探討的因子開始作用，同時進行記錄20秒（記錄2次）。可探討的因子如下：
 - (1)呼吸運動的效應：吸氣後憋氣、呼氣後憋氣等。
 - (2)改變姿勢的效應：由蹲姿或躺姿立起（圖二）、由立姿或坐姿蹲下或躺下、以躺姿抬起雙腳（圖三）等。

- (3)潛水反射的相關探討：臉上覆蓋濕紙（圖四）、臉上覆蓋乾紙、脖子覆蓋濕紙等，其中覆臉的紙預留孔洞，供呼吸所需。
6. 隨後恢復正常的狀態，繼續測量受試者的脈搏約30秒（記錄3次）。
7. 學生輪流擔當受試者，重複以上步驟。
8. 將所有記錄之脈搏數據計算成心跳率（單位為：次/分鐘）繪製成圖，比較改變受試者的狀態或姿勢時的心跳率，與前後狀態的差異。

實驗結果範例

以下展示在課程中所收集到的實驗數據。在吸氣後憋氣期間心跳率下降，且恢復正常呼吸後，心跳率並不會立即恢復（圖五）。

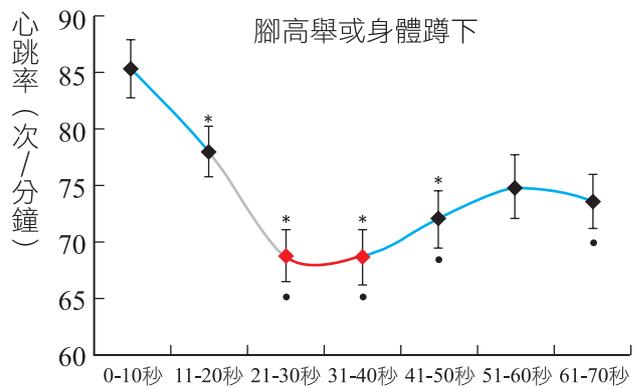
在改變姿勢的效應方面，以躺姿將腳高舉，或以立姿突然蹲下，心跳率下降且恢復正常姿勢後心跳率很快的恢復（圖六）。若以躺姿坐起，或以蹲姿突然起立，心跳率沒有改變，但恢復姿



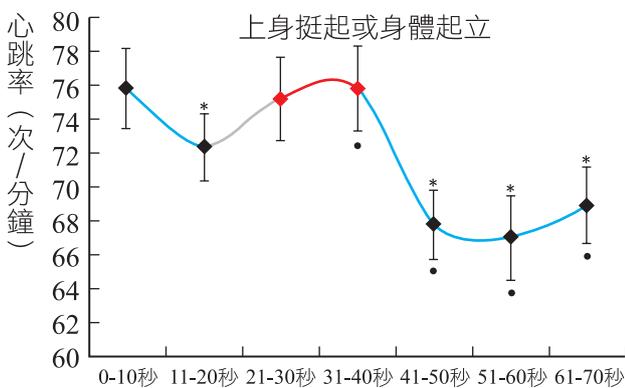
圖五：吸氣後憋氣對人體心跳率的效應（平均±標準誤，取樣數=51）。第21至40秒期間受試者進行吸氣後憋氣（以紅色標註）。與0-10秒的心跳率平均值相比（單尾配對t檢定）： $*$ ： $p < 0.05$ 。與11-20秒的心跳率平均值相比（單尾配對t檢定）： \bullet ： $p < 0.05$ 。

勢後心跳率反而下降（圖七），但此實驗的結果易受操作過程的影響，若只計算其中一個班級的實驗數據，卻發現以躺姿坐起，或以蹲姿突然起立時期間，心跳率增加（圖八），較符合預期。

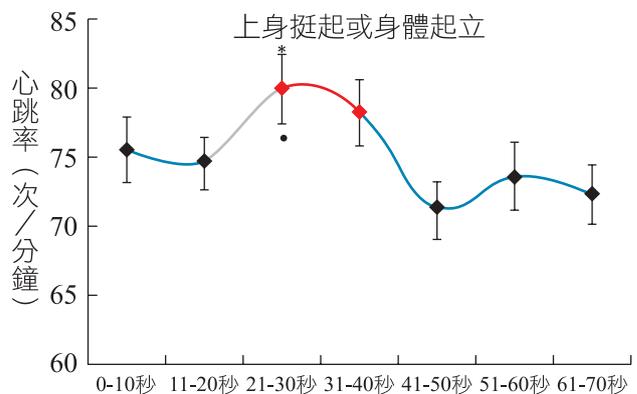
針對人體潛水反射之引發因子的探討，我們發現只要有觸覺刺激（例如乾紙覆臉，圖九）就可降低心跳率，臉覆濕紙（圖十）或脖子覆濕紙（圖十一），也都可降低心跳率，其中臉部刺激的效應較為持久，即使恢復成未覆蓋外物，心



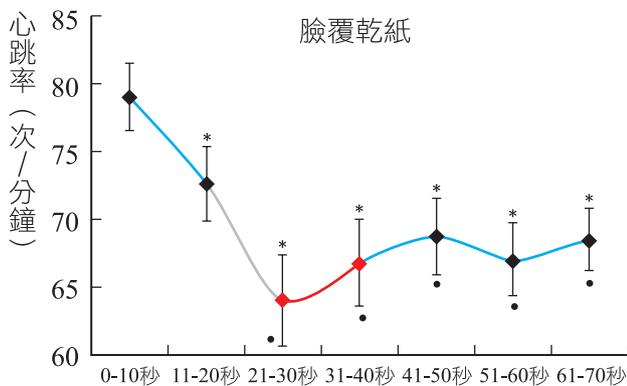
圖六：改變姿勢對人體心跳率的效應（平均±標準誤，取樣數=34）。第21至40秒期間受試者進行腳高舉或蹲下（以紅色標註）。與0-10秒的心跳率平均值相比（單尾配對t檢定）： $*$ ： $p < 0.05$ 。與11-20秒的心跳率平均值相比（單尾配對t檢定）： \bullet ： $p < 0.05$ 。



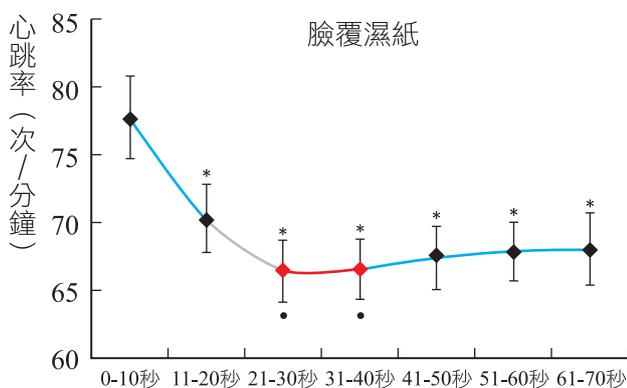
圖七：改變姿勢對人體心跳率的效應（平均±標準誤，取樣數=38）。第21至40秒期間受試者進行上身挺起或起立（以紅色標註）。與0-10秒的心跳率平均值相比（單尾配對t檢定）： $*$ ： $p < 0.05$ 。與11-20秒的心跳率平均值相比（單尾配對t檢定）： \bullet ： $p < 0.05$ 。



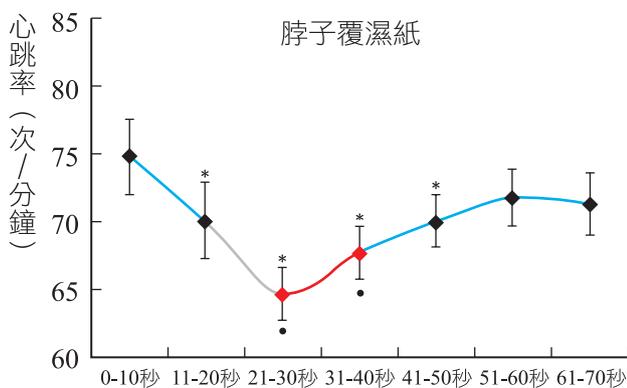
圖八：某一班探討改變姿勢對人體心跳率的效應所記錄數據（平均±標準誤，取樣數=15）。第21至40秒期間受試者進行上身挺起或起立（以紅色標註）。與0-10秒的心跳率平均值相比（單尾配對t檢定）： $*$ ： $p < 0.05$ 。與11-20秒的心跳率平均值相比（單尾配對t檢定）： \bullet ： $p < 0.05$ 。



圖九：探討人體潛水反射相關性質所記錄的心跳率數據（平均±標準誤，取樣數=28）。第21至40秒期間受試者進行臉覆乾紙（以紅色標註）。與0-10秒的心跳率平均值相比（單尾配對t檢定）： $*$ ： $p < 0.05$ 。與11-20秒的心跳率平均值相比（單尾配對t檢定）： \bullet ： $p < 0.05$ 。



圖十：探討人體潛水反射相關性質所記錄的心跳率數據（平均±標準誤，取樣數=30）。第21至40秒期間受試者進行臉覆濕紙（以紅色標註）。與0-10秒的心跳率平均值相比（單尾配對t檢定）： $*$ ： $p < 0.05$ 。與11-20秒的心跳率平均值相比（單尾配對t檢定）： \bullet ： $p < 0.05$ 。



圖十一：探討人體潛水反射相關性質所記錄的心跳率數據（平均±標準誤，取樣數=28）。第21至40秒期間受試者進行脖子覆濕紙（以紅色標註）。與0-10秒的心跳率平均值相比（單尾配對t檢定）： $*$ ： $p < 0.05$ 。與11-20秒的心跳率平均值相比（單尾配對t檢定）： \bullet ： $p < 0.05$ 。

跳率仍未恢復，但脖子覆濕紙刺激的效應較為短暫，恢復成脖子未覆蓋外物，心跳率在短期內即恢復。

從實驗結果中我們也發現，許多數據指出在操作變因還未發生作用時，心跳率可能先發生變化（第11至20秒時），包含圖五、圖六、圖七、圖九、圖十、圖十一，這可能是心理預期因素所致，此現象值得繼續探究。

如何將此實驗活動變成探究與實作課程的模組

開發實驗課程模組對教師而言，是展現專業能力的機會，教師很容易依據自身的專長、經驗、資源等，開發、設計深具特色的課程模組，但究竟要如何確保這些模組符合107課綱【自然科學探究與實作】課程的精神呢？

依據107課綱國民中小學及普通型高中的《自然科學領域課程綱要草案》（1040818公聽會版本），【探究與實作】課程分為探究與實作兩部分學習內容，其中「探究」是指「科學探究歷程」，包含：發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享等四大歷程，而「實作」是指在這些科學探究歷程中，可實際進行操作的科學活動。表二中粗體字的部份為探究與實作兩部分學習內容的項目，教師可利用此表中的項目，檢核所開發的課程模組有無符合，若大部分項目皆有符合之處，則此課程模組即符合107課綱【自然科學探究與實作】課程的精神。



表二：探究與實作兩部分學習內容的項目（粗體字部分），教師可利用此表中的項目，檢核所開發的課程模組有無符合其課程精神。

探究學習內容項目 (科學探究歷程)		實作學習內容 (可實際進行操作的科學活動)	「影響人體心搏週期的因子」模組 內容的對應
發現問題	觀察現象	1. 從日常經驗、學習活動、自然環境、書刊或網路媒體等，進行多方觀察。 2. 運用感官或儀器辨識物體和現象的特性。 3. 依據時間或空間的不同以觀察物體和現象變化。 4. 推測所觀察現象的可能成因。	1. 從各種學習經驗，了解人體脈搏的性質與應用。 2. 透過把脈方式與儀器記錄方式，觀察人體脈搏。 3. 經多次取樣與多人實驗，測量脈搏在各種情形下的速率。 4. 推測脈搏的變化可能受哪些因子影響。
	蒐集資訊	1. 利用報紙、圖書、網路與媒體蒐集相關資訊，並判斷資訊來源的可靠性。 2. 閱讀與理解資訊內容。 3. 整理並提取適當的資訊。	1. 閱讀講義與搜尋相關資料（包含教科書、科普書籍或網路資料）。 2. 閱讀、理解相關資料。 3. 整理「影響心搏週期的因子」的相關資料。
	形成或訂定問題	1. 依據觀察所得，經由蒐集資訊、閱讀和討論等過程，提出適合科學探究的問題。 2. 當有多個問題同時存在，能分辨並選擇優先重要之問題。	1. 擬定探討影響心搏週期的可能因子。 2. 綜合判斷哪些因子較具生物學意義。
	提出可驗證的觀點	1. 依據選定的問題提出想法、假說或模型。	1. 由相關資料或生活經驗，說明各項因子的擬訂理由。
規劃與研究	尋找變因或條件	1. 判定與研究問題相關的影響因素。 2. 合理的預測探究可能結果。	1. 判定與構想人體脈搏測量實驗過程的控制變因、操作變因與應變變因為何。 2. 預測所擬訂的因子中，各可能有哪些效應，其可能的意義為何。
	擬定研究計畫	1. 依據所提出的問題，計劃適當方法、材料設備與流程。 2. 應用或組裝合適的器材與儀器。	1. 計劃人體脈搏測量的實驗方法。 2. 尋找適當的實驗場所、器材等。
	收集資料數據	1. 正確且安全的操作器材設備。 2. 設計適當的記錄格式並詳實記錄。 3. 有系統性的收集定性或定量資料數據檢視最佳化條件。	1. 實驗過程中正確且安全的操作（尤其是改變姿勢時應避免受試者受傷）。 2. 利用預先設計的數據記錄表進行記錄（表一）。 3. 收集各班各組的實驗數據，並進行各班或各組的比較，以檢視數據的性質。例如圖七與圖八的數據比較。
論證與建模	分析資料和呈現證據	1. 使用資訊與數學等方法，有效整理數據。 2. 依據整理後的資料數據，製作圖表。 3. 由探究過程所得的資料數據，整理出規則，提出分析結果與相關證據。 4. 比較自己、同學與其他相關的資訊或證據合理性與正確性。	1. 利用excel進行數據的計算（包含平均數、標準差、統計等計算）。 2. 利用excel或生理記錄儀，將數據的結果繪製成圖，如圖五至圖十一。 3. 分析實驗結果的趨勢，如：「實驗結果範例」該段的內文。 4. 比較實驗數據與相關參考資料之數據的異同，例如與蔡（民99）的人體脈搏數據比較；也比較不同班、組的實驗數據，例如圖七與圖八的數據比較。



探究學習內容項目 (科學探究歷程)		實作學習內容 (可實際進行操作的科學活動)	「影響人體心搏週期的因子」模組 內容的對應
論證與建模	解釋和推理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由資料數據的變化趨勢，看出其蘊含意義。 2. 由資料數據顯示的相關性，推測其背後可能的因果關係。 3. 根據探究結果形成解釋。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 解釋實驗數據的趨勢。 2. 推測其背後可能的生理機制，如「原理說明」該段的內文。 3. 解釋心跳率變化對維持生物恆定性的意義。
	提出結論或解決方案	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由探究所得的解釋形成論點。 2. 依據證據提出合理的解決方案。 3. 由探究結果形成結論、新的概念或問題。 4. 檢核自己、同學的結論與其他相關資訊或證據的異同。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 解釋各項因子對心跳率所造成的效應。 2. 提出各項因子對心跳率的效應，如何幫助維持恆定性。由實驗結果提出新的問題，例如：許多實驗數據中的第11~20秒，影響因子還未作用時，為何其心跳率已有改變？ 3. 累積足夠的實驗結果，提出各項因子對心搏週期之效應的結論。
	建立模型	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由探究結果建立合理模型以描述所觀察的現象。 2. 察覺模型的侷限性。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建立呼吸運動、姿勢改變與潛水反射對心搏週期的作用模型。 2. 察覺影響心搏週期還有許多其他因子，例如：溫度、心情、緊張程度等。
表達與分享	表達與溝通	<ol style="list-style-type: none"> 1. 適當利用口語、文字、圖像、影音或實物等表達方式，呈現自己或理解他人的探究過程與成果。 2. 正確運用科學名詞、符號或模型，呈現自己或理解他人的探究過程與成果。 3. 有條理且具科學性的陳述探究成果。 4. 運用各種資源與他人分享科學資訊。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 各組報告實驗結果，包含口頭報告與書面報告。 2. 報告內容的表達方式是否符合科學通則與習慣。 3. 報告內容的表達方式是否有條理且具科學性。 4. 課程模組與研究成果透過科普文章的發表或研習進行推廣，如「參考資料」內的部分文章。
	合作與討論	<ol style="list-style-type: none"> 1. 傾聽他人的報告，並能提出具體意見或建議。 2. 評估同學的探究過程、結果或模型的優點和限制，並提出合理的疑問或改善方案。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 各組間發表實驗結果時進行互評。 2. 提供他人實驗過程與成果的質疑與建議。
	評價與省思	<ol style="list-style-type: none"> 1. 反思探究成果的應用性、限制與改進之處。 2. 對各類科學資訊進行評估與判斷，審慎檢視其真實性與可信度。 3. 體驗科學探究重視實作經驗證據的使用、合乎邏輯的推論，以及探究結果的再現性。 4. 了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯一的解釋。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生針對自己在實驗設計、操作過程、數據記錄、實驗結果、口頭發表、書面報告進行評價與省思。 2. 學生針對他人在實驗設計、操作過程、數據記錄、實驗結果、口頭發表、書面報告進行評價與省思。 3. 藉由評價與省思他人的研究結論，比較各種假說解釋。



參考資料：

1. 伊蓮·摩根（民94）。水猿：人類演化過程的一段謎。（陳信宏譯）。臺北市：麥田。（原著出版年：1982年）
2. 高家敏、蔡任圃（民103）。認識身旁的小傢伙（12）－利用心電圖與影像分析法探討昆蟲心臟因應體位變化的調節作用。科學教育月刊，366，29-41。
（全文下載：<https://goo.gl/KtZ5mH>）
3. 黃常宇、蔡任圃（民96）。認識身旁的小傢伙（四）－開放式循環與心臟血球觀察方法。科學教育月刊，304，38-48。
（全文下載：<https://goo.gl/5oqrdm>）
4. 蔡任圃（民105）。以昆蟲為實驗動物的推廣實驗。生物搜查線（龍騰文化），17，10-14。
（全文下載：<https://goo.gl/wrHkQv>）
5. 蔡任圃（民92）。蟑螂心臟活動的觀察方法。科學教育月刊，257，31-37。
（全文下載：<https://goo.gl/boFKRL>）
6. 蔡任圃（民95）。認識身旁的小傢伙（一）美洲蟑螂生態與行為的初步觀察。科學教育月刊，289，30-35。
（全文下載：<https://goo.gl/8eIT3c>）
7. 蔡任圃（民95）。認識身旁的小傢伙（二）美洲蟑螂外部型態與內部器官的初步觀察。科學教育月刊，290，43-47。
（全文下載：<https://goo.gl/zTPQsT>）
8. 蔡任圃（民99）。昆蟲心搏與人體脈搏實驗活動。中山女高學報，10，171-190。
（全文下載：<https://goo.gl/eZafi2>）
9. 蔡任圃、黃璧祈、童麗珠、林金盾（民90）。影像分析探討餵食葡萄糖液對蟑螂心輸出量的效應。台灣昆蟲，21，133-145。
（全文下載：<https://goo.gl/VEI7gN>）

圖片來源：

圖一～圖十一：蔡任圃老師提供