

公路自行車把手舒適度之研究

黃台生

朝陽科技大學設計研究所

tshuang@cyut.edu.tw

摘要

公路自行車專用的下垂式把手，除了供騎乘者操作施力外，也可藉由改變握持的位置，達到減緩手部不適的程度。因此，本研究以探討下垂式把手握持部位之舒適度為主要目的。首先，針對市面上現行銷售 106 件產品，以型態分析法歸納產品的屬性元素表，進行圓管式把手中心線路徑的舒適度實驗，以了解中心線路徑對握持舒適性的影響；接續以主觀性問卷評量資料蒐集方法，進行握持部位與舒適度之關係實驗，探討把手對於手掌的接觸面與受身體重量傾斜壓迫的疼痛狀況。根據實驗數據以迴歸統計的二次函數曲線檢定，推估出最舒適的把手面寬尺寸，以該尺寸重新設計新式樣的把手造形，利用 CAD 搭配快速成型技術 (RP-Rapid Prototyping) 完成新式樣把手的製作，最後，再進行新式樣把手的握持舒適度實驗與問卷評估。結果發現，新式樣把手在上握位置寬度為 53.8mm 與側握位置寬度為 40.2mm 時，可得到最佳的手掌接觸面積，同時，也可使得疼痛區域減少。除此之外，以把手上方靠近把手中心的橫桿部份，經由兩相關樣本的符號檢定方法，比較新式樣把手與舊把手的優劣狀況，結果顯示新式樣把手接觸面積大於舊式把手，且呈現顯著差異性。並依實驗數據進行綜合評估，發現新式樣把手確實優於其他把手，且增加騎乘握持的舒適度。

關鍵字：公路自行車，下垂式把手，快速成型，舒適度

論文引用：黃台生(2009)。公路自行車把手舒適度之研究。《設計學報》，14(2)，51-71。

一、緒論

1-1 研究背景和重要性

為響應環保與節能減碳之全球性議題，自行車活動已逐漸成為熱門的休閒運動。此類活動為了滿足各種不同的使用需求，而衍伸出不同功能的車種，以公路自行車為例，該車種是以獲得更快速度為目的。一台效能優異的公路自行車需具備重量輕、低風阻和高速行駛時易於操控等特點，而下垂式把手除了控制方向外，也提供不同的握持位置，以減少身體所產生的風阻，讓騎乘者能以貼近車體的姿勢騎乘。在此種騎乘姿勢下，手掌能否舒適的支撐上半身，就變得極為重要。因此，下垂式把手的設計，必須滿足

上述需求，使得騎乘者能在舒適的狀態下滿足高速騎乘的快感。

一般而言，公路自行車下垂式把手為了降低各種操控姿勢產生的風阻，而設計出多個握持位置。該類把手發展至今，可簡略的分成上、下兩個部份：從早期的上下各一個握持位置，增加到目前上下各二個位置，其四個位置分別為：位置一：在把手上半部靠近中間的部份；位置二：在把手上半部兩側彎曲處；位置三：銜接位置二至把手下半部的彎曲部位；位置四：把手下方最末端的直線部份，如：圖一所示。此四個位置主要都以增加手肘、手臂的支撐作為考量，近年來，因製程與材料應用的突破，改變了以往圓管式把手的造形，以較為複雜的曲面進行把手的細部設計，進而，開啟了手掌舒適性的相關性探討。因此，本研究乃針對公路自行車下垂式把手的握持位置寬度變化與手掌的舒適度進行研究探討。

1-2 研究目的

就考量產品設計需供使用者長時間握持的需求而言，除了探討握持時間長短外，更應該深入探究使用方式與最適握感的造形，進而了解施力與放鬆之互動狀態，如此，產品的實用性才能滿足使用者愛用而有所發揮（伍大忠，2002）。但是，下垂式把手發展至今，仍有近九成以上，還是以圓管式把手為主，僅有少部份把手以複曲面方式進行設計，對於直接接觸把手的手掌區域，在長時間雙手握持所承受身體重量壓迫的不舒適感，並沒有進一步的探討，進而影響了騎乘者使用下垂式把手的意願。因此，本研究針對把手與手掌握持接觸區域的關係作為研究重點，針對把手表面型態與尺寸大小，進行公路自行車下垂式把手舒適度的研究與探討，將實驗結果進行整理與分析，重新設計出更符合騎乘者需求的把手造形，改善騎乘者握持把手所造成的不舒適感。綜合上述所言，茲將研究目的臚列如下：

- 針對手部握持與接觸面積，進行產品比較及分析，以供業界之參考。
- 探討騎乘時，下垂式把手與手掌之間的舒適性，作為相關設計之參考。
- 提供合適的把手握持尺寸，以便於新產品的設計開發。
- 藉由新式樣把手產品的開發，提升產品、設計與消費者三者之間的互動性。

二、文獻探討

2-1 公路自行車把手的演進與握持方式

從十九世紀末演變至今，公路自行車把手的設計依使用者需求及材質的變化，大致可分為四個階段（漆島 嗣治，2003）。最初，公路自行車把手的形體特徵即與一般自行車的平直型把手有所不同；此時的把手，兩端直接向下彎曲，達到騎乘時能降低身體高度、減低風阻的目的，然而，這樣的把手卻僅有上下二部位可供握持選擇。此外，該時期的把手，尾端以木頭材質加粗把手寬度，達到提示握持位置及防滑的目的。到了二十世紀初，把手的彎曲型態與現今的把手設計已具有高度的相似性，於是，此一彎曲型態似乎也就成為往後把手設計的參考標準。後來，因把手材料多以圓形管材為主，其細部設計包含了：彎曲弧度、高度與深度等特徵，進而設計出「比利時」、「義大利」，以及「人因工程」等三種不同類型的下垂式把手，以滿足不同的騎乘需求，達到舒適的騎乘狀態。直到 90 年代，自行車的設計開始應用碳纖維材質，把手的表面型態始有複曲面的設計變化，雖然，直至今日把手的彎曲弧度並無太多改變，但因為把手表面的可塑性增高，提升了握持時的舒適度。

由於，騎乘公路自行車時，上肢的操作姿勢對於騎乘的舒適度相當重要，如果，把手與坐墊的距離太短，脊椎過分彎曲產生過大的壓力，會造成下背部和頸部疼痛，迫使手指與手腕的角度近乎垂直，將引起自行車選手之壓迫症候群(Mestdagh, 1998)。同時，騎乘過程中，輪胎會將行經路面的震動傳遞至手掌，而長時間的震動將造成手掌麻痺。由於，公路自行車握持的姿勢與把手形狀，與一般自行車大不相同，騎乘時，可因應身體不同程度的疲憊狀態，而作握持的調整，或因一些特殊的騎乘動作，如抽車而變換不同的握持位置。公路自行車把手握持的位置，如：圖一所示，可依騎乘情況之不同而適時變換，以達到最佳的騎乘性(巴蘭坦、格蘭特；黃小萍譯，2004)。所以，後續將以此四處作為型態屬性項目，進行把手設計的深入研究。此外，握把直徑對施力大小與肌肉負荷有密切的影響，亦可作為判斷握把優劣的參考準則(王賢令，1998)。由於，手部握持區域的限制，對把手造形的變化應以小尺寸的變更為主，不適合過大的尺寸變動，Drury 設計把手時，就以 51*31mm 橢圓型與搭配直徑 51mm 的球面把手，以此找到一些握持的差異性(Drury, 1980)；由於，最大握力與含拇指的手寬度有顯著相關性，因此，把手設計除了需要較大的管徑外，應同時考量手掌握持把手的施力方向與大小，以此法則可設計出承受外力的把手造形(Aldien, Welcome, Rakheja, & Boileau, 2005)。

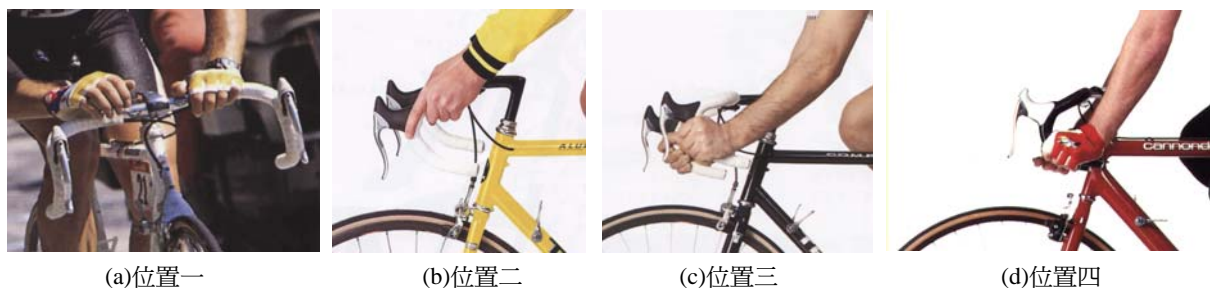


圖 1：公路自行車把手握持位置

2-2 自行車相關研究

近年來，針對各種不同功能自行車的研發，相關研究大多是以機構、材料、造形與人因工程的角度切入。陳道遠以騎乘者的主觀感受及生理的客觀反應為主，實驗過程中運用 VR 模擬技術，增加模擬的像真度，探討騎乘自行車於上坡顛簸路段的總體反應與表現。參與實驗的騎乘者，在主觀感受及生理的客觀反應方面會有些許差異，因此，應同時進行二種反應的舒適度評估分析(陳道遠，1998)。吳信典以騎乘自行車的人體動作，分析虛擬與真實世界的差異，探討虛擬實境應用是否會帶來不良的副作用，以及對受測者產生的不適應感。實驗方式是用虛擬實境技術，與實際騎乘的方式比較，受測者的實際感受仍會有所落差，為求取更符合現實的資料，仍應使用實際騎乘的實驗方式較好(吳信典，1998)。吳武政利用誘導式歸納途徑法，建立自行車零件尺寸、人體尺寸與各項量測之關係預測模式，作為生理因素評量舒適度之評估標的，結果獲得符合不同需求(自行車種類、區域、個人、族群...)之自行車零組件尺寸與合適的騎乘姿勢，提高騎乘自行車之舒適性。由於，自行車零組件尺寸與合適的騎乘姿勢，對提高騎乘自行車之舒適性有所差異，因此，對不同需求、零件、姿勢等因素可試著進行綜合分析(吳武政，2000)。陳嘉維以感性工學為基礎，經由語意差異法探討各式車架造形對於騎乘者的心理感受影響，以及族群的生活型態對於產品的外觀與流行性認知，印證自行車造形對於年輕族群的選購過程有所影響。對於一般消費者來說，產品的外觀有時會影響購買慾望，但對專業的自行車族群來說，零件造形對於實際騎乘的心理感受是有影響的，應將實際使用互動性造成的影響納入考慮與評估(陳嘉維，2003)。Mestdagh 針對

身體軀幹、腿部、腳掌、關節等中下半部位，進行車架尺寸、角度對騎乘公路自行車的舒適性探討。自行車的尺寸不僅取決於身高，應依身體各部尺寸來調整零件與零件之間的長度，以達成更舒適的騎乘姿勢。自行車零件間的距離將影響騎乘的舒適度，間距的微調造成的影響不可小覷(Mestdagh, 1998)。

關於自行車把手與握持舒適度的相關研究，王賢令提出旋轉握把時的施力大小是評判握把優劣的準則之一，以握把直徑對施力大小的影響作為判斷握把優劣的準則，結果顯示，手部尺寸與握把直徑的選擇有明顯的正相關，且不因阻抗與旋角的改變而有變化(王賢令, 1998)。溫紹彥以城市自行車變速旋轉握把之舒適性為探討主題，透過感性工學階層類別的理論分析，探討受測者對樣本的視覺美感、視覺舒適性與實際握持的舒適度評估，瞭解使用者對於變速握把的感性訴求與產品屬性設計元素之間的關係(溫紹彥, 2002)。因市售自行車把手款式眾多，在取樣與分析方面，產品來源應盡量廣泛、多方蒐集各式不同款式，增加資料的豐富度，才能增強研究結果的公信力。賴賢源則依靜止、平坦、爬坡、下坡、轉彎等路況，進行登山自行車實際騎乘評估，並安排靜態測試模擬水平騎乘與上下坡狀態進行數值量測記錄，以分析、瞭解手部尺寸與握把的適當尺寸關係(賴賢源, 1997)。由於，該研究並沒有進行驗證階段，對於提出之方針是否具體實行，應再進一步探討，以瞭解其研究方針對問題癥結的解決情況，確認產品在實際使用方面的可行性。

如上述文獻所言，關於把手舒適度的研究議題，大部分需要以質性研究與實驗數據一起定義。目前國內的研究方向大多著重於實驗數據的呈現，如實驗設計的部分有：運用肌肉疲勞度之量測(EMG)、溫度與濕度、震動，以及力學舒適性(介面壓力)等多種不同的研究方式，並利用所得數據進行研討；國外學者則探討手工具對舒適度的影響因素，訂定出檢測把手舒適度的條件。近年來，因為複合材質的開發與應用，以及相關研究論述提及「力量分布會受到手掌接觸面積的大小、角度等影響而改變握持的舒適度高低」，故本研究將探討把手握持位置的設計原則，並以握持受力分布圖的實驗數據進行舒適度探討，進而配合質性訪談，設計出新式樣把手，再與舊式樣把手作測試驗證，討論其結果對於舒適度的影響。

三、研究方法與實驗分析

由於，公路自行車把手有多種不同形式，因此，研究過程中，首先，針對市售產品以專家訪談與型態分析法，進行把手實驗樣本界定，接著分析把手圓管中心線路徑，探討把手彎曲型態與尺寸變化，完成型態屬性元素表的製作，所謂的圓管中心線路徑(Path of Center Line, 以下簡稱 PCL)，是指把手的圓管在空間中彎曲的狀態。在「圓管中心線路徑」實驗中，探討握持的舒適度是否會受到把手的彎曲狀態影響，再從型態元素表選取實驗把手樣本，進行「把手面寬」的實驗，瞭解把手面寬對於握持舒適度的影響。從前述兩個實驗結果，可瞭解把手面寬型態與握持舒適度之間的關係，並依實驗數據以迴歸統計二次函數曲線檢定，推估出最適把手的面寬尺寸，再利用 CAD 重新設計符合推估尺寸的複合曲面把手造形，接著搭配快速成型技術，完成新式樣的測試把手模型，最後，進行「新式樣把手的舒適度驗證」，其結果可作為把手舒適度設計的參考方向。

3-1 實驗分析方法與流程

本研究依手掌與把手接觸面積的大小，探討騎乘時對握持舒適度的影響，整個研究分成樣本屬性界定、PCL 實驗、舒適度實驗，及驗證實驗四個階段，各階段之研究內容簡略說明如下：

1. 樣本屬性界定：針對市面上現行銷售的 106 件把手進行圖片樣本蒐集，藉由型態分析法，依握持的四個位置進行分解，得到各部位屬性元素的各種造形，並建置把手的屬性元素項目，作為後續實驗選取符合實驗樣本把手之參考。
2. PCL 實驗：進行把手面寬尺寸對於舒適度影響的實驗之前，必須先確定把手面寬是否會受到把手彎曲弧度的影響，因此，先進行「把手圓管中心線路徑對於舒適度的差異性」實驗，分析之後再配合型態分析表，依所需型態挑選出三款不同造形的把手，進行舒適度實驗。
3. 舒適度實驗：此階段的主要目的，在於瞭解把手的寬度是否對握持的舒適度具有影響性，此實驗是依上階段分析的結果，選擇具代表性的三款不同寬度把手，進行手掌接觸面積與壓迫疼痛面積對於舒適度的差異性分析，找出把手的寬度與舒適度之間的相關方程式，求出最適當的把手面寬尺寸，作為新式樣把手的設計依據。
4. 驗證實驗：此階段之主要目的，為確認經由前述二個實驗所推論握持位置尺寸之準確度與可信度，其過程是透過 CAD 與快速成型 (RP-Rapid Prototyping) 技術完成新式樣的測試把手，進行測試把手型態變化對握持舒適度影響的驗證實驗。

3-2 實驗之相關評估方法

為完成上述舒適度實驗與驗證實驗，本研究以「李克特尺度法」針對四個握持位置，分別以：非常不舒服、不舒服、普通、舒服、非常舒服等五個等級，進行舒適度評估 (Robert, 1999；王茂駿、王明揚、林昱呈, 2002)。有關把手面寬與握持舒適度之間的相關性探討，是透過相關分析方法進行 (林傑斌、林川雄、劉明德, 2005)。在驗證實驗的測試把手設計與製作方面，是依據實驗之數據進行分析，以迴歸方程式計算出最適的把手面寬尺寸，作為新式樣把手設計與快速成型技術 (RP) 製作的參考 (邱皓政, 2001)。為了解新式樣把手與舒適度實驗中三款市售把手之間的舒適度差異性，採用兩相關符號檢定法，如此可了解新式樣把手是否具有較佳的舒適度 (彭定國, 1993)。

3-3 實驗樣本屬性界定


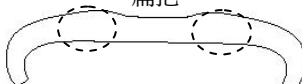


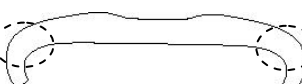


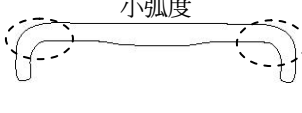
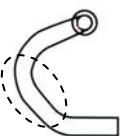
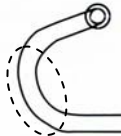
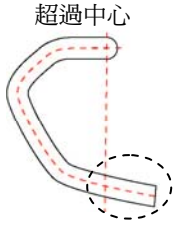
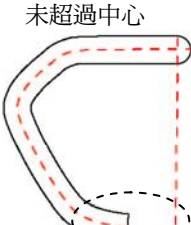
為界定樣本屬性，從商品型錄、網路，以及自行車相關雜誌，廣泛收集市面上現行銷售的公路自行車把手樣本，共計 106 件，然後將每個樣本分別建立：上視、正視與立體圖。由於，公路自行車握持位置，會因騎乘動作的不同而配合調整，故針對把手設計及需求，與 18 位公路自行車專家 (專業設計師 2 位、銷售與維修店長 3 位，平均騎乘經驗超過五年的車友 13 位) 進行訪談，配合樣本各視覺圖面，考量造形輪廓的相似性，最後，由專家共同選出 60 支把手。之後，依使用功能與騎乘狀況，對 60 支把手產品進行型態分析，歸納出相關的造形特徵，並區別出四個握持位置的屬性元素，如：圖 1 所示，建置下垂式把手的型態元素總表，如表 1 所示，茲將握持位置的元素特徵說明如下：

1. 位置一：特徵為把手面寬，以把手的上視圖作為分類依據。從 60 支樣本中發現把手的寬度並沒有太多變化，近八成還是以傳統圓管把手為主，扁把與賽車把的樣式並不多，分別以近似橢圓與扁平的造形為主，特徵十分明顯。因此，位置一的特徵屬性元素直接分成：賽車把、扁把以及圓管把手三類。
2. 位置二：從把手的上視圖檢視，可分成把手面寬與彎曲弧度二大特徵。把手面寬，會隨位置一的

造形而改變，變化的差異性也與位置一相似；彎曲弧度依握持位置的彎曲緩急程度，分成：大彎曲弧度與小彎曲弧度二類。

3. 位置三：以把手側視圖的彎曲狀態分類，依把手上半部的橫桿為中心，沿著把手曲度繪製出把手的側面圖。結果顯示，所有把手可分別為不同深、淺的彎曲角度，即：比利時式與義大利式，以及彎曲加上斜直角度—人因工程等三種，其中，前兩種對於手掌接觸面積差異不大，且僅占比例中的 33%，不及人因工程的一半，因此，將此兩種特徵把手歸為一類，並在後續研究中統稱為：“比利時式”把手。
4. 位置四：其特徵為長度的差異，是以把手的側視圖分類。其方式是將上把平行於地面，並將上把管徑中心線向下延伸，進行位置四的長度比較。60 支樣品把手可分為：超出與不及於把手中心線二大類。

表 1：四個握持位置之特徵屬性元素總表

位置一	圖示			
	特徵	面寬較寬且扁平。	加寬圓管面寬。	一般傳統圓管。
位置二	圖示			
	特徵	面寬較寬且扁平。	面寬加寬。	一般傳統圓管。
位置三	圖示			
	特徵	大彎曲弧度。	小彎曲弧度。	
位置四	圖示			
	特徵	上方彎曲，下方斜角的把手路徑。	整體圓弧彎曲的把手路徑。	
位置四	圖示			
	特徵	以上把中心為準，下把超過中心之長度。	以上把中心為準，下把未超過中心之長度	

3-4 把手圓管中心線路徑實驗之分析

3-4.1 實驗樣本之挑選

為瞭解把手的 PCL 彎曲程度對於握持舒適度是否有影響，此階段實驗樣本的挑選乃參照，表 1：握持位置之特徵屬性元素總表，挑選出具有代表性的市售圓管式把手，進行四個握持位置的測試。若結果沒

有顯著性差異，即可將圓管式把手的中心線路徑因素排除，但如有顯著性差異時，則將其結果作為後續舒適性實驗的把手樣本選取條件。實驗測試把手以及實驗測試平台，如：圖 2 所示，實驗把手以 A 與 B 編碼表示。實驗把手特徵分別是：位置一：把手管徑－挑選出 $\phi 31.8\text{mm}$ 與 $\phi 25.4\text{mm}$ 的圓管型把手(市面上僅有此兩種標準尺寸)；位置二：把手弧度－以彎曲弧度的緩急程度區分；位置三：路徑類型－為考量彎曲狀態區分，依市場標準是以人因工程、比利時式以及義大利式三款把手為主，其中，後兩款把手相似度較高，與前述之專家討論後，將比利時式與義大利式歸為一類，最後，以人因工程式與比利時式兩類把手為主；位置四：下把長度－依上把管徑的中心區分成兩大類，一類為下把長度未超過上把之中心，另一類則是以超出中心之把手為主，實驗樣本特徵，如：表 2 所示。

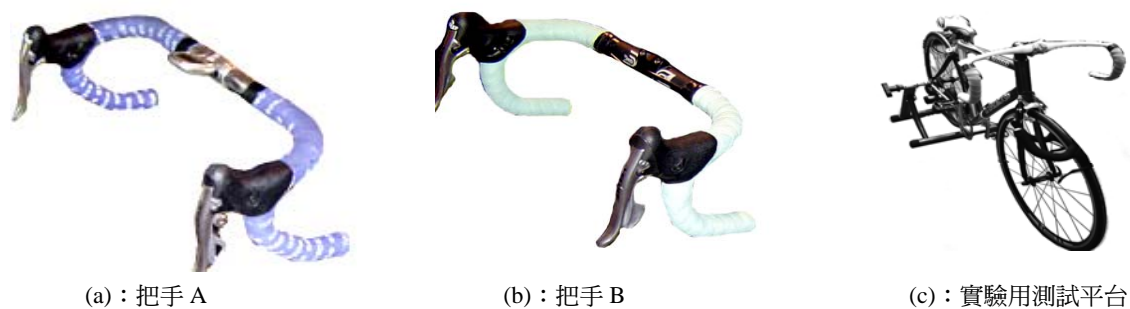
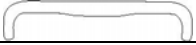
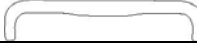




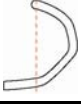



圖 2：圓管中心線路徑實驗之把手與測試平台

表 2：圓管中心線路徑實驗之測試把手樣本特徵

位置	把手 A		把手 B	
位置一： 把手管徑	圓管	$\phi 31.8\text{mm}$ 	圓管	$\phi 25.4\text{mm}$ 
位置二： 把手弧度	大弧		小弧	
位置三： 路徑類型	人因工程式		比利時式	
位置四： 下把長度	超過中心		未超過中心	

3-4.2 實驗流程說明

受測人員皆為健康、且平均年齡為 38 歲的受測者，共計 18 位，並具有至少五年以上騎乘公路自行車的經驗，其中，有一半人員有超過八年以上騎乘公路自行車的經驗。實驗步驟，說明如下：

1. 向所有受測者介紹測試主題與測試流程，每次進行一位受測者的實驗測試；
2. 量測受測者身體各部尺寸及基本資料填寫。身體尺寸量測為組裝公路自行車必要的工作，量測的部位尺寸，包括：身高、胸骨、胯下、手窩、肩寬、下前彎、體重、鞋號等項目，此類數據是作為調整實驗測試平台之用，使測試平台各部位尺寸能符合每位受測者身體的實際尺寸；
3. 請受測者坐上測試平台，進行腳踏板的練習踩踏與坐姿調整，以適應測試平台，達到較為舒適之模擬騎乘狀態。

4. 所有受測者均先進行把手 A 測試，測試過程以握持一分鐘與休息三分鐘為一個單位，依序完成四個位置的測試。每次測試後，以數位相機拍照手掌受壓狀況，然後，將圖片資料匯入繪圖軟體，再以雲型線描繪出接觸面積與感到壓迫疼痛的區域，並分別計算兩者的面積，最後，以口頭方式詢問受測者對實驗把手握持舒適度的感受。
5. 重複步驟(4)，完成把手 B 之測試，則實驗結束。

3-4.3 實驗結果分析

藉由實驗，可瞭解受測者在握持不同管徑與不同中心線路徑的把手時，對於手掌舒適度的影響。由於，實驗母群為非常態分配之假定且樣本數較小，因此，分析方式是以無母數統計分析，採用兩個獨立樣本檢定之 Mann-Whitney U 檢定。然後，依每位受測者舒適度數值分別計算個別之等級，舒適度高者，其等級分數也較高，然後，以等級高低順序加以排列（從高到低），再分別將每一個位置之等級加起來可得到等級總和數，最後，將等級總和除以受測者人數即可得到等級平均數，檢定結果，如：表 3 所示。結果顯示，圓管式把手的中心線路徑，在位置一、二、四時，則受測者對於把手 A 與把手 B 的握持舒適度，並無顯著差異；但在位置三時，受測者認為把手 A 較把手 B 舒適，且兩把手舒適度達到顯著的差異，顯示把手 A 在位置三的彎曲弧度設計能提供較佳的舒適度，故，後續的實驗中，即以人因工程式把手進行測試。在手掌受力分析方面，將所有受測者手掌受力的數位拍攝檔案，用電腦繪圖方式建置，描繪出每位受測者分別握持各握持位置時手掌的接觸面積與感到壓迫疼痛的面積狀況，如：表 3 所示。

表 3：圓管中心線路徑分析與手掌受力圖

握持位置	把手	手掌受力圖	等級平均數	等級總和	漸近顯著性(雙尾)
位置一	A		18.75	337.5	0.878
	B		18.25	328.5	
位置二	A		20.33	366.0	0.265
	B		16.67	300.0	
位置三	A		23.11	416.0	0.005*
	B		13.89	250.0	
位置四	A		17.89	322.0	0.712
	B		19.11	344.0	

* $p < 0.05$

手掌受力圖為 18 位受測者的變腦繪圖平均計算結果。其中，手掌受力圖中黑實線代表手掌面積、長虛線框代表接觸面積、點虛線框代表壓迫疼痛面積。從表中發現，把手 A 的接觸面積稍大於把手 B，但不管

是在把手 A 還是把手 B，圓管把手的接觸面積在四個位置的手掌受力分布情形差異都不大，表示圓管式把手無法因握持位置的變換增加或減少接觸的區域；壓迫疼痛面積則有不同的分布，除了把手 B 的位置四外，其它握持位置在虎口和小拇指下方到手腕間，都有壓迫疼痛的感覺產生，該結果表示，騎乘的過程中即便變換不同的握持位置，虎口和小拇指下方到手腕間，此兩部分區域都會產生疼痛的情形。

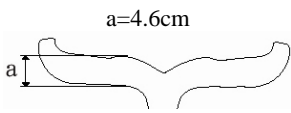
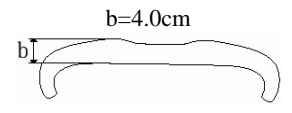
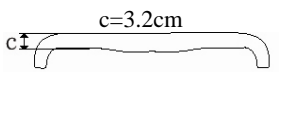
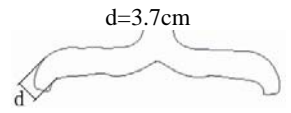
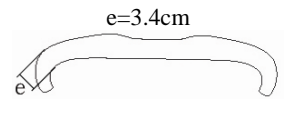
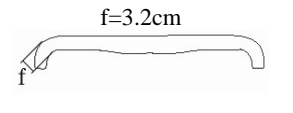
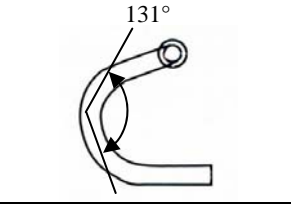
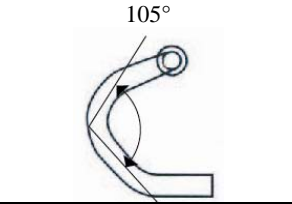
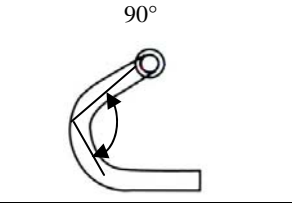
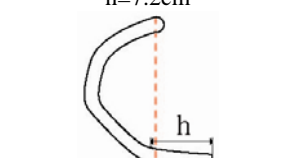
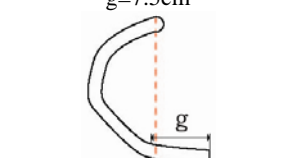
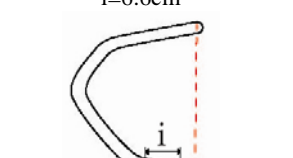
3-5 把手面寬舒適度實驗之分析

3-5.1 實驗目的與實驗樣本說明

經由上述實驗得知，位置三—人因工程式把手可提供較好的舒適性，其它位置，則無顯著差異。為了進一步瞭解各式把手的寬度尺寸，對握持時是否會產生舒適性的影響，將進行接觸面積對手掌舒適度的差異相關性實驗，以找出合適的把手寬度尺寸與舒適性之間的方程式，並從手掌受力分布圖歸納出手掌的接觸面積與壓迫疼痛區域，作為新式樣把手設計的依據。

根據 PCL 實驗結果顯示，彎曲弧度對於位置一、二、四的握持舒適度，並無顯著差異，因此，後續將之排除；位置三因有顯著差異，因此，挑選把手 A 的人因工程式把手，進行同類型但不同角度的細部分組，再配合把手型態特徵屬性元素表，組合成三款把手作為測試樣本，並編碼為：把手 C、把手 D 及把手 E。其特徵的差異依把手 C、把手 D、把手 E，分別為位置一—把手面寬 4.6 公分、4.0 公分以及 3.2 公分；位置二—把手面寬 3.7 公分、3.4 公分以及 3.2 公分；位置三以市面上現有的三款不同角度，即 131°、105°以及 90°的人因工程式把手為主；位置四為下把長度 7.5 公分、7.2 公分以及 6.6 公分等三款不同長度的人因工程式把手為主，其樣本特徵，整理如：表 4 所示。

表 4：舒適度實驗之把手特徵屬性表

握持位置	把手 C	把手 D	把手 E
位置一： 把手面寬	 a=4.6cm	 b=4.0cm	 c=3.2cm
位置二： 把手面寬	 d=3.7cm	 e=3.4cm	 f=3.2cm
位置三： 彎曲角度	 131°	 105°	 90°
位置四： 下把長度	 h=7.2cm	 g=7.5cm	 i=6.6cm

3-5.2 實驗流程說明

此階段實驗的受測者與 PCL 實驗相同，實驗流程，如：圖 3 所示。舒適度主觀評量是採用「李克特尺度法」，針對四個握持位置分別以：非常不舒服、不舒服、普通、舒服，非常舒服等五個等級，進行舒適度評估。其中：1 點表示非常的不舒適；3 點表示普通程度；5 點表示受測者感到非常的舒適。

3-5.3 實驗結果分析

實驗分別以三款把手的四個位置進行評估，並針對把手面寬與舒適度的相關性、手掌感測以及手掌分布圖三部份，加以分析。其中，在分析內容中提及的「舒適度」為受測者主觀評量的舒適感受程度；「接觸比」為受測者手掌接觸的實驗數據，以手掌接觸面積÷手掌總面積換算成接觸比；而「受力比」則為手掌壓迫疼痛面積÷手掌總面積換算成受力比。「把手面寬與舒適度的相關性」部份，先進行把手面寬與握持舒適度的相關分析，再將顯著相關的位置，進行三款把手的差異分析，從中得到較舒適的把手特徵，作為新式樣把手型式的參考；具顯著相關的位置，則以迴歸分析算出把手面寬與舒適度之間的方程式，並推估出把手面寬尺寸，作為新式樣設計的尺寸設定。「手掌感測分析」，是以手掌受力分布圖，計算出手掌的接觸比及受力比，並分別與握持舒適度進行相關分析，從分析結果瞭解比值的變化對於握持舒適性的影響，以此作為新式樣把手設計時的參考。最後，根據「手掌受力分布圖」瞭解把手面寬造成手掌接觸與壓迫疼痛面積的分布情況，作為新式樣把手曲面設計的依據。

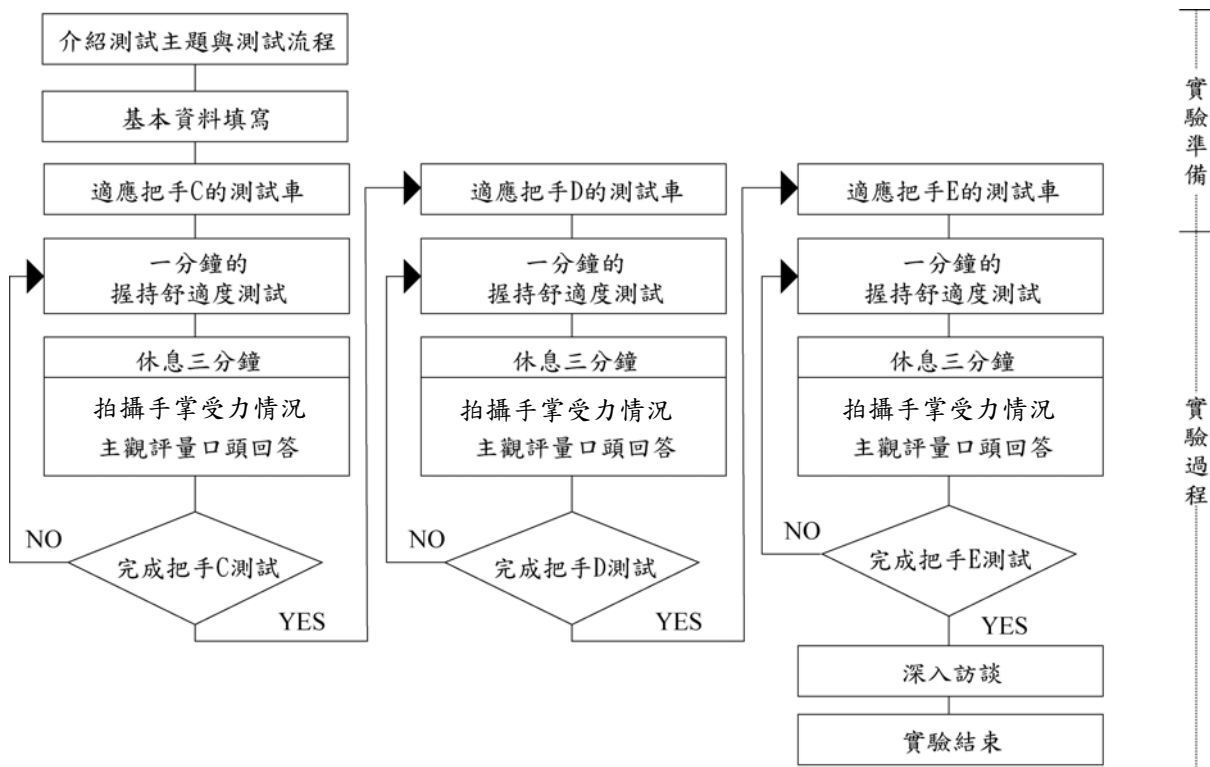


圖 3：舒適度實驗流程

1. 把手面寬與舒適度的相關分析

為瞭解把手面寬與舒適度的相關性，進行四個握持位置的寬度與舒適度的顯著性統計分析，分析結果，如：表 5 所示。統計結果顯示，在位置三、四，把手角度和下把長度對受測者之握持舒適度，並無

顯著相關。因此，後續將分析位置三、四之最適把手款式，作為新式樣設計參考；而實驗結果顯示位置一、二都達到顯著相關，並呈現正向高度相關性，顯示把手越寬舒適度越高，因此，後續將進一步分析，推估新式樣把手合理的面寬尺寸。

由於，位置三、四之把手寬度與舒適度，並無相關顯著，無法推估出最適的把手寬度尺寸，因此，以無母數統計分析，採用 k 個獨立樣本 Kruskal-Wallis 檢定，將受測者在位置三、四，所測得三款把手的舒適度平均數進行比較，其結果作為設計新式樣把手尺寸的參考，檢定結果，如：表 6 所示。在位置三，受測者對於把手 C、D 與 E 的握持舒適度，並無顯著差異；然而，其中以把手 C 的等級平均數最高，顯示受測者認為把手 C 能提供較佳的舒適性。在位置四，受測者對於把手 C、D 與 E 的握持舒適度，並無顯著差異；但其中，以把手 D 的等級平均數最高，顯示受測者認為把手 D 能提供較佳的舒適性。

表 5：把手寬度與舒適度之相關分析

握持位置	平均數	標準差	顯著性
位置一	寬度	3.93cm	1.79
	舒適度	3.46	0.86
位置二	寬度	3.43cm	1.43
	舒適度	3.30	0.82
位置三	角度	108.67°	17.1
	舒適度	2.81	0.90
位置四	長度	7.10cm	1.78
	舒適度	2.65	0.91

* p<0.05

表 6：位置三、四的 K 個獨立樣本檢定

握持位置	等級平均數	漸近顯著性
位置三	把手C	32.67
	把手D	22.11
	把手E	27.72
位置四	把手C	28.81
	把手D	30.42
	把手E	23.28

* p<0.05

由表 5 的結果得知，位置一、二的把手面寬，顯示愈寬則舒適度愈高。由於，一次線性估計的迴歸方程式，其分布狀況並不符合觀察值，因此，本研究再以迴歸統計的二次函數曲線檢定，推估出合理的把手面寬。其結果如：表 7 所示，而迴歸可解釋變異量比 (R²) 為：0.853，也就是以舒適度可推估把手寬度 85.3% 的變異量，其所能解釋的比重比一次線性模式要高。表 7 顯示，當最佳舒適值 y=5 時，位置一的把手面寬(x)為：53.8mm 與 7.6mm，其中，7.6mm 並不符合把手設計之尺寸，因此，新式樣把手設計將以 53.8mm 為位置一的把手面寬；當最佳舒適值 y=5 時，位置二的把手寬(x)為：40.2mm 與 25.7mm，其中，25.7mm 並不符合把手設計之尺寸，因此，新式樣把手設計將以 40.2mm 為位置二的把手面寬。

表 7：位置一、二的迴歸二次函數曲線結果

	方程式	y=5
位置一	$y=6.444-0.2153x+0.0035x^2$	x=5.38cm x=0.76cm
位置二	$y=43.4074-2.444x+0.037x^2$	x=4.02cm x=2.57cm

2. 手掌感測分析

手掌感測分析的資料來源，是受測者分別握持三款把手後，依電腦描繪的手掌受力分布圖，進行面積計算，並分別以接觸面積÷手掌總面積，換算成接觸比，與手掌壓迫疼痛面積÷手掌總面積，換算成受力比之後，再進行接觸比、受力比與把手面寬的相關統計分析。由於，位置一、二的握持舒適度與把手面寬，具有正相關，因此，手掌感測分析採相同的統計方法，分析接觸比、壓力比與把手面寬在位置一、二的相關性。其結果如：表 8 所示，在位置一部份可得到接觸比與受力比，無相關顯著性，且把手面寬與受力比，也沒有相關性；但把手面寬與接觸比卻具有正相關，且到達顯著相關性，顯示在位置一

部份，把手面寬越大，接觸面積也跟著增大。在位置二部份，如：表 9 所示，接觸比與受力比、把手面寬與受力比，以及把手面寬與接觸比，都無顯著相關性。

3. 手掌接觸與壓迫疼痛區域分析

表 10 為實驗中受測者分別握持每一個位置時，其手掌接觸面積與壓迫疼痛面積的狀況。結果顯示，接觸面積部份，把手 C 的接觸面積大於其它兩款把手，甚至，在位置一接觸面積與手掌面積一樣大；把手 D 的接觸面積雖沒有像把手 C 佔據了大部份的面積，但也較把手 E 的面積大；把手 E 則為三款把手中接觸面積最小的。壓迫疼痛面積部份，把手 C 除了位置一外，其它三個位置疼痛區域範圍都介於小拇指與手腕之間的區域；把手 D 的受力面積除了位置三外，都以重疊於掌心至兩端的區域為主；而把手 E 的壓迫疼痛面積為三款把手中最多者，甚至，在位置一已快要與接觸面積相同，另外，三個握持位置的受力面積也都超過接觸面積的一半。綜觀三款把手的分布，握持的接觸面積，多以虎口到小指下方區域為主，壓迫疼痛面積部份，則集中於虎口與小拇指與手腕之間的兩個區域。

表 8：位置一的相關分析檢定

		接觸比	受力比
接觸比	Pearson 相關	1.000	0.141
	顯著性(雙尾)		0.309
受力比	Pearson 相關	0.141	1.000
	顯著性(雙尾)	0.309	
		受力比	舒適
受力比	Pearson 相關	1.000	0.060
	顯著性(雙尾)		0.669
把手寬度	Pearson 相關	0.060	1.000
	顯著性(雙尾)	0.669	
		接觸比	舒適
接觸比	Pearson 相關	1.000	0.525*
	顯著性(雙尾)		0.000
把手寬度	Pearson 相關	0.525*	1.000
	顯著性(雙尾)	0.000	

表 9：位置二的相關分析檢定

		接觸比	受力比
接觸比	Pearson 相關	1.000	0.141
	顯著性(雙尾)		0.309
受力比	Pearson 相關	0.141	1.000
	顯著性(雙尾)	0.309	
		受力比	舒適
受力比	Pearson 相關	1.000	-0.047
	顯著性(雙尾)		0.738
把手寬度	Pearson 相關	-0.047	1.000
	顯著性(雙尾)	0.738	
		接觸比	舒適
接觸比	Pearson 相關	1.000	-0.167
	顯著性(雙尾)		0.226
把手寬度	Pearson 相關	-0.167	1.000
	顯著性(雙尾)	0.226	

表 10：各握持位置的手掌接觸與受力分布圖

握持位置	把手 C	把手 D	把手 E	握持位置	把手 C	把手 D	把手 E
位置一				位置三			
位置二				位置四			

註 1：接觸範圍(長虛線)與手掌範圍(黑實線)一樣大。

3-6 驗證實驗與分析

從把手面寬舒適度的實驗結果得知，把手面寬對於位置一和位置二的舒適度，具有差異性與相關性，再配合專家訪談，了解在騎乘時此兩個部位的操作動作，以及握持造形的使用需求，得知改良把手握持

舒適度的設計重點，進而以 Pro-E 電腦輔助設計軟體，重新設計把手造形，並以快速成型技術完成測試把手的製作，作為驗證實驗之測試樣本，以瞭解新式把手的握持舒適性績效，其成果可作為公路自行車把手設計的參考。

3-6.1 新式樣把手設計與製作

為配合其它標準零件的組裝，新式樣把手之部份造形需為固定尺寸，例如，以把手中心為準，至左右兩端各 1.5cm 的區域，為龍頭組裝接合處，管徑尺寸以 $\phi 3.18\text{cm}$ 或 $\phi 2.54\text{cm}$ 兩種尺寸為準，經 PCL 實驗結果發現，在舒適度的評估方面 $\phi 3.18\text{cm}$ 的圓管式把手，以些微差距優於 $\phi 2.56$ 的圓管把手，因此，新式樣把手以 $\phi 3.18\text{cm}$ 的圓管式為主；下把部份為配合剎車零件組裝，以不超出 $\phi 3.18\text{cm}$ 為原則。把手總寬度，即把手兩側中心線之距離，是為騎乘者挑選公路自行車把手的基本條件，故以所有騎乘者的肩寬平均尺寸 40.5cm 設定出新式樣把手的總寬度。位置一、二的把手面寬，將採用實驗二迴歸統計分析，所計算得到的 5.38cm 及 4.02cm 尺寸，為最佳握持舒適度狀態的把手面寬。下把部份，經統計分析後，以最舒適把手尺寸為基準，位置三則是以把手 C 角度 131° ；位置四以把手 D 長度 7.5cm 為主。根據實驗一結果顯示，人因工程式把手較能舒緩手部的疼痛，因此，新式樣把手的設計以人因工程的側面彎曲弧度為主，進行曲面變化的造形設計。最後，是以 Pro-E 完成數位立體模型，如：圖 4 所示。

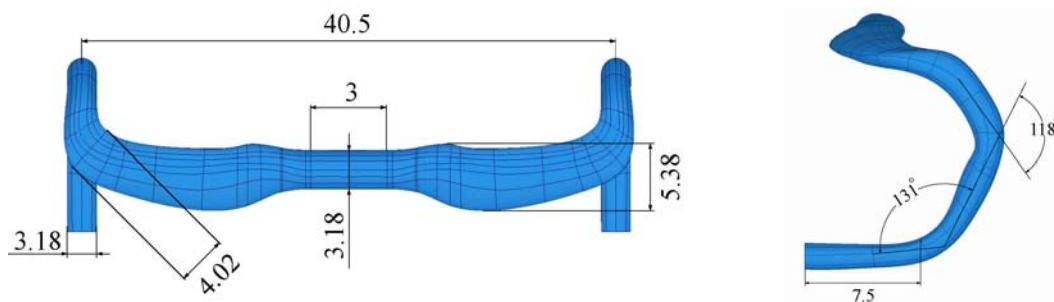


圖 4：新式樣測試把手數位立體模型與設計參數

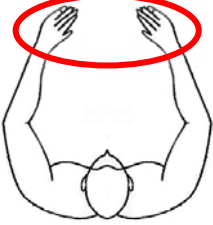
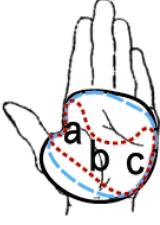
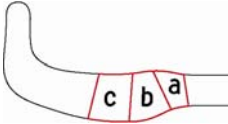

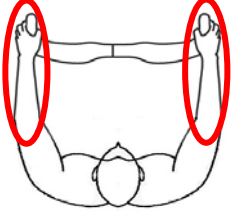
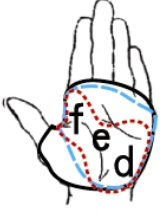
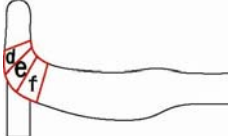
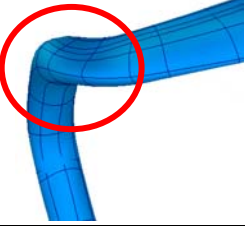
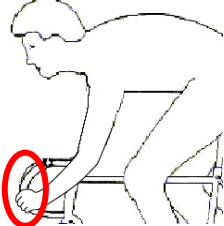

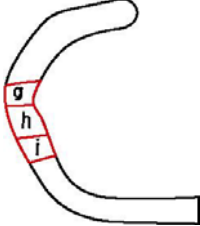
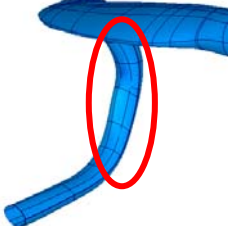

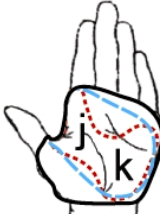
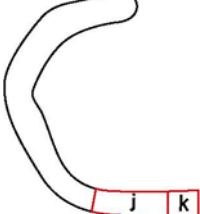

該新式樣把手的四個握持位置，採用前述實驗分析結果進行造形設計，各部位之重點說明如下：

1. 位置一：騎乘時，手肘會呈現打直或略微彎曲姿勢，手臂會內移並偏向身體中心，手掌自然呈現傾斜狀態，如：表 11 的位置一所示。從手掌受力分布圖得知，接觸面積橫跨整個手掌，受力壓迫疼痛面積，則分布於手掌左右兩側，但整體分布並無過度集中現象。因此，以手掌的虎口(a 處)、掌心(b 處)、小指下方(c 處)三處，對應到把手握持位置進行把手造形設計。在設計方面，a 處以採用較小的把手面寬，線條是順應虎口傾斜的方向設計，管徑則是順著中心的圓管狀漸變成扁橢圓形；b 處以靠近身體的內部增加把手面寬寬度，並以上凸的弧度設計曲面，填補掌心的內凹的空間，達到受力均勻的目的，下方則以內凹方式，加強手指抓扣的造形語意，來提高把手操作的便利性與安全性；c 處順著手掌傾斜方向，開始縮減把手面寬，管徑順著 b 處的扁平設計銜接位置二的部份，以減少曲背及尺偏的姿勢產生。
2. 位置二：騎乘時，手肘會打直或略微彎曲，且雙手臂會呈現平行的姿勢，如：表 11 的位置二所示。手掌中心則產生比位置一更大的內凹空間，從手掌受力分布圖，得知接觸面積橫跨整個手掌，受力壓迫疼痛面積，則分布於手掌的左右兩側。因此，以加強大拇指(f 處)、四隻手指下方(d 處)，以

及掌心(e 處)三處，對應到位置二的把手面寬進行設計。順著位置一的設計，f 處正是大拇指下方肌肉的接觸區域，為不讓肌肉受到擠壓，於是設計內凹空間；e 處為掌心接觸的區域，加寬把手面寬，並以凸起的圓弧面加強掌心與把手的接觸，減輕受力不均的問題；在 d 處，順著 e 處將曲面拉高，減輕手掌因騎乘於下坡或其它路段時，身體易傾向前的不安全感。

3. 位置三：騎乘時，上半身會向下彎，手肘呈現彎曲狀態，施力方向分別是手肘與手掌兩個部份，如：表 11 的位置三所示。從手掌受力分布圖，可清楚看見受力面積集中於虎口及小指下方到手腕的區域，甚至有部份車友提及，會有掌心部份觸碰不到把手的現象。因此，以手掌的虎口(g 處)、掌心(h 處)，以及小拇指下方(i 處)三處，對應到把手握持的位置三進行曲面設計。在 g 處以凹槽設計減少虎口的擠壓，h 處以凸起的圓弧曲面增加手掌接觸，i 處再縮減面積，使施力能平均分散於整個手掌。
4. 位置四：騎乘時，因上半身下彎程度，手肘會呈現彎曲及打直兩種狀態，如：表 11 的位置四所示。從手掌受力分布圖得知，位置四受限於把手管徑無法加大的情況下，接觸面積小於其它位置，受力面積也偏重於手掌的左右兩側。因此，以掌心(j 處)與小拇指下方(k 處)為位置四設計重點。將 j 處管徑設計成橢圓形，增加掌心的接觸面積；在 k 處則順著 j 處加強曲面弧度，填補手掌握持把手時空出來的空間。

表 11：各握持位置的造形設計重點說明

握持位置	握持姿勢	手掌受力分布圖	設計重點	立體圖面
位置一				
位置二				
位置三				
位置四				

以前述實驗結果獲得的設計參數後，為考量測試把手樣本的型態特徵、尺寸準確度與實際騎乘時所需要的強度，故以 3D 繪圖軟體建構數位立體模型實驗樣本，並配合快速成型(Rapid Prototype)技術，製作實驗樣本外殼，內部加入實心鐵條，再灌入 FRP 加強內部之韌度與強度，以達到節省時間與成本，並製作出精確的實驗樣本的目的，該最終樣品，如：圖 5 所示。



圖 5：驗證實驗測試把手三視圖

3-6.2 驗證實驗結果分析

驗證實驗的流程與舒適度實驗相同，資料分析包含：新式樣把手舒適性評估與手掌分布圖繪製兩項為主。該驗證是以新式樣把手 F 與舒適性實驗的把手 C、D、E，進行「握持舒適度的差異分析」、「手掌感測分析」，以及「手掌接觸與受力分析」，以得知新式樣把手的舒適度績效。「握持舒適度的差異分析」部份，是以受測者主觀評量的舒適度感受與把手面寬特徵進行差異性分析，以瞭解把手特徵是否會影響舒適度感受；而「手掌感測分析」部份，是手掌的接觸比及受力比，分別與握持舒適度進行相關分析，從分析結果瞭解比值的變化對於握持舒適度的影響；最後，根據「手掌受力分布圖」瞭解把手面寬造成手掌接觸與壓迫疼痛面積的分布情況。

1. 握持舒適度的差異分析

為瞭解新式樣把手 F 與實驗二之三款實驗把手 C、D 與 E 的舒適度差異性，採用無母數之兩個相關樣本符號檢定，其分析結果，如：表 12(a)所示。在位置一，「F1-C1」，正差異的次數多於負差異值的次數，表示受測者認為把手 F 較把手 D 舒適；「F1-D1」，正差異的次數亦多於負差異值的次數，表示受測者認為把手 F 較把手 C 舒適；最後，「F1-E1」，正差異的次數亦多於負差異值的次數，表示受測者認為把手 F 較把手 E 舒適，並達顯著差異。在位置二，「F2-C2」，正差異的次數多於負差異值的次數，表示受測者認為把手 F 較把手 D 舒適；「F2-D2」，正差異的次數亦多於負差異值的次數；且「F2-E2」，正差異的次數亦多於負差異值的次數，表示受測者認為把手 F 較把手 E 舒適。在位置三，「F3-C3」，正差異的次數少於負差異值的次數，表示受測者認為把手 C 較把手 F 舒適；「F3-D3」，正差異的次數多於負差異值的次數，表示受測者認為把手 F 較把手 D 舒適；「F3-E3」，正差異的次數多於負差異值的次數，表示受測者認為把手 F 較把手 E 舒適。在位置四，「F4-C4」，正差異的次數多於負差異值的次數，表示受測者認為把手 F 較把手 C 舒適；「F4-D4」，正差異的次數亦多於負差異值的次數，表示受測者認為把手 F 較把手 C 舒適；「F4-E4」，正差異的次數仍多於負差異值的次數，表示受測者認為把手 F 較把手 C 舒適。

2. 手掌感測分析

為瞭解、並比較新式樣把手與實驗二之三款實驗樣本的手掌分布差異，以無母數統計分析採用兩個相關樣本之符號檢定，進行四個握持位置的手掌接觸比與受力比分析。接觸比的結果，如：表 12(b)所示；在位置一，「F1-C1」正差異的次數多於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 較把手 C 舒適；「F1-D1」，正差異的次數多於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 較把手 C 舒適，且接觸比達到顯著的差異；

「F1-E1」，正差異的次數多於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 接觸面積較把手 C 大，並且接觸比達到顯著的差異。位置二，「F2-C2」，正差異的次數多於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 接觸面積較把手 C 大；「F2-D2」，正差異的次數多於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 接觸面積較把手 C 大；「F2-E2」，正差異的次數多於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 較把手 C 舒適。位置三，「F3-C3」，正差異的次數多於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 接觸面積較把手 C 大；「F3-D3」，正差異的次數多於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 接觸面積較把手 C 大；「F3-E3」，正差異的次數多於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 接觸面積較把手 C 大。位置四，「F4-C4」，正差異的次數多於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 接觸面積較把手 C 舒適；「F4-D4」，正差異的次數多於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 較把手 C 大；最後，「F4-E4」，正差異的次數亦多於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 接觸面積較把手 C 大。

表 12：新式樣測試把手驗證實驗分析

握持位置	(a)--舒適度差異分析			(b)--手掌接觸比分析			(c)--手掌受力比分析		
	負差異	正差異	精確顯著性	負差異	正差異	精確顯著性	負差異	正差異	精確顯著性
F1-C1	6	7	1.000	5	13	0.096	16	2	0.001*
F1-D1	5	12	0.143	3	15	0.008*	16	2	0.001*
F1-E1	0	11	0.001*	0	18	0.000*	17	1	0.000*
F2-C2	5	6	1.000	5	13	1.000	15	3	0.008*
F2-D2	2	9	0.065	6	12	0.065	16	2	0.001*
F2-E2	4	9	0.267	6	12	0.267	17	1	0.000*
F3-C3	7	6	1.000	7	11	0.096	17	1	0.000*
F3-D3	1	6	0.125	6	12	0.238	18	0	0.001*
F3-E3	4	8	0.388	4	14	0.238	16	2	0.001*
F4-C4	3	7	0.344	5	13	0.344	16	2	0.001*
F4-D4	4	9	0.267	5	13	0.267	17	1	0.000*
F4-E4	2	12	0.13	4	14	0.13	16	2	0.001*

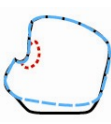

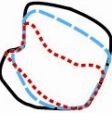
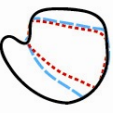


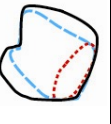
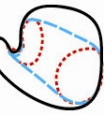


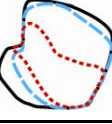
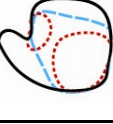
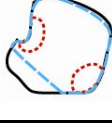
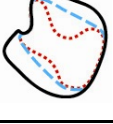
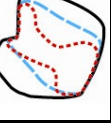
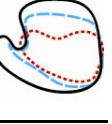
* p<0.05

受力比方面，如：表 12(c)所示。在位置一，「F1-C1」，正差異的次數少於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 受力壓迫疼痛面積較把手 C 小，而且受力比達到顯著的差異；「F1-D1」，正差異的次數少於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 受力面積較把手 C 小，且接觸面積比達到顯著的差異；「F1-E1」，正差異的次數少於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 受力面積較把手 C 小，並且接觸面積比達到顯著的差異。位置二，「F2-C2」，正差異的次數少於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 受力面積較把手 C 小，且受力比達到顯著的差異；「F2-D2」，正差異的次數少於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 受力面積較把手 C 小，並且受力比達到顯著的差異；「F2-E2」，正差異的次數亦少於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 壓迫疼痛面積較把手 C 小，並且接觸面積比達到顯著的差異。在位置三，「F3-C3」，正差異的次數少於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 壓迫疼痛面積較把手 C 小，且接觸面積比達到顯著的差異；「F3-D3」，正差異的次數少於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 壓迫疼痛面積較把手 C 小，並且接觸面積比達到顯著的差異；「F3-E3」，正差異的次數少於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 壓迫疼痛面積亦較把手 C 小，並且接觸面積比達到顯著的差異。位置四，「F4-C4」，正差異的次數少於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 受力面積較把手 C 小，且接觸面積比達到顯著的差異；「F4-D4」，正差異的次數少於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 受力面積較把手 C 小，且接觸面積比達到顯著的差異；「F4-E4」，正差異的次數亦少於負差異的次數，表示受測者認為把手 F 受力面積較把手 C 小，並且接觸面積比達到顯著的差異。

3. 手掌接觸與壓迫疼痛分布圖分析

本階段將以新式樣把手，即把手 F，與實驗二的三款測試把手，把手 C、D、E，進行手掌接觸與壓迫疼痛比對，如：表 13 所示。位置一的接觸面積部份，把手 C 的接觸面積最大，但把手 F 也快占滿整個手掌，並且比把手 D、E 的接觸面積大。在位置二，把手 F 的接觸面積較把手 C、D、E 面積大。位置三，把手 F 的接觸面積較把手 C、D、E 的面積大。位置四，把手 F 的接觸面積較把手 C、D、E 的面積大。受力壓迫疼痛面積部份，把手 F 除了位置二的面積與把手 C 的面積差不多大外，在其它三個位置，都可明顯看到壓迫疼痛面積較其他把手的面積小。

表 13：各位置之接觸與壓迫疼痛區域分布圖

握持位置	把手 F	把手 C	把手 D	把手 E	握持位置	把手 F	把手 C	把手 D	把手 E
位置一					位置三				
位置二					位置四				

四、結論與建議

4-1 結論

本研究運用實驗法與訪談法，依據舒適度的評比，推估出合理的公路自行車把手之手部握持尺寸，以及在手掌接觸與壓迫疼痛面積分析下，瞭解把手與手部之間契合度，重新設計、製造新式樣把手，並進行舒適度驗證，其結果可提供後續相關把手之設計參考。經由各階段的舒適度評估實驗，以及訪談的結果，歸納出本研究之結論：

1. PCL 對於握持舒適度的差異性

結果顯示，把手的 PCL 對於上把部份並不會造成太大的影響，而下把部份則會因把手類型不同而有舒適度差異，再進一步探討同一類型但不同角度的把手，在握持舒適度方面則無顯著差異。

2. 寬度對於握持舒適度的影響

實驗二的結果顯示，把手面寬的改變對於位置一、二，具有寬度愈寬則握持舒適度愈高的現象。再透過二次函數方程式統計分析，推估出在位置一 5.38cm 及位置二 4.02cm，為最佳的把手面寬尺寸，並以此兩個尺寸作為新式樣把手在位置一、二的寬度尺寸。驗證結果顯示，在位置一、二，新式樣把手 F 的舒適度都優於其他三款市售把手。在實驗二中，位置三、四與把手面寬，無顯著相關，因此，比較三款把手在位置三、四的差異性後，以最適把手的尺寸作為新式樣把手尺寸設定。在位置三，舒適度的高低分別為： $D > C > E$ ，位置四，由舒適度的高到低分別為： $C > E > D$ 。因此，在位置三以把手 D、位置四以把手 C 的尺寸，作為重新設計位置三、四的曲面變化參考。驗證實驗結果顯示，在位置三，把手 C 與把手 F 的舒適度差異不大，但其他位置把手 F 都優於其他把手。位置四，新式樣把手 F 的舒適度也都優於其他三款市售把手。

由上述統計結果得知，把手面寬會影響握持舒適度，然而，也因握持位置不同所產生的不同姿勢（如上把位置一、二部份），致使重心直接施壓於掌心，因此，對於把手面寬具有較大的影響性；下把部份手臂會呈現彎曲模式，將力量分散於手掌與手肘兩處，由於下把須組裝剎車而有管徑大小的限制，較不容易產生顯著差異性。

3. 手部接觸面積分部

把手對於手掌的施力狀態，由受力分布圖就能得知，握持的施力以手掌為主，手指部份則呈現輔助握持的狀態，大多是以輕靠方式環繞把手，甚至出現沒有觸碰到把手的狀態。由手掌受力分布圖，亦能發現壓迫疼痛面積分布不均，壓迫疼痛區域集中於虎口、掌心與手腕之間兩處。在設計改善方面，則是將把手面寬曲面弧度加大，將把手面寬加寬，才能擴大接觸區域，且均勻分散壓迫疼痛區域，以增加舒適度。

驗證實驗結果顯示，新式樣把手在位置一、二的接觸面積較實驗二的三款把手大；位置三、四，如結論 2 所述，把手面寬與舒適度沒有顯著相關。因此，新式樣的把手造形，以實驗一、二的結果重新設計把手曲面造形，並建置 3D 檔案，運用 RP 方式製作出把手模型，進行實驗三的舒適度評估。驗證實驗結果，在位置三，新式樣把手 F 的舒適度較把手 C 差，但差異不大，藉此可從手掌分布圖探究，發現把手 F 面積較把手 C 略小；在位置四，把手 F 的接觸面積較其他三款把手大，受力壓迫疼痛面積，則明顯小於其他三款把手，表示新式樣把手確有增加握持的舒適度。

4. 具騎乘公路自行車經驗人員之訪談

測試車友對於新式樣把手的握持舒適度、造形，以及使用購買習慣的需求與看法，分別敘述如下：

(1) 握持舒適度

新式樣把手發展至今已有很大的改良，在把手握持的舒適度方面也有明顯改善，造形從相同管徑到不同曲面的變化。由於，現在把手尺寸的選擇除了總寬度的尺寸外，其它部份都是固定的，車友們認為應該可以在上把手的其它部份加入設計尺寸，或依總寬度改變其它部份的尺寸大小，特別是下把位置三的尺寸。握持的安全性很重要，在各種騎乘狀態之下，如下坡路段，手掌與把手的密合度對於防止鬆脫、握持滑動的設計等有關，而此類細微的設計都會影響騎乘者的心理舒適感受，且有多位車友提出在長時間的騎乘下，從虎口與小指到手腕間的區域會有明顯的不舒適現象。另外，對於把手帶來的不舒適，也可考慮選擇其它材質改變把手的寬度與柔軟度。

(2) 把手造形

車友們認為把手的造形為視覺舒適度的重點，把手的風格，大致可分為復古版與流線型二大類，並且會因自行車的風格而挑選適合的把手造形。近幾年新開發的流線型把手，設計具有速度感之造形，並且在握持方面較為舒適，因此，成為不少非專業級車友們的愛戴。不管是那一種造形的把手，車友們對於太過繁複的設計都會感到反感，認為沒有增加舒適程度，反而讓造形變得不夠簡潔流暢。

(3) 使用及購買習慣

車友們對握持的姿勢與方式各有不同的習慣，在訪談之後發現，最常使用的位置以位置一居冠，其次為位置二，位置三則是普通，較少車友使用位置四，甚至，有車友建議可以捨棄位置四的部份。在購買的考量方面，會視使用的狀況不同或為搭配自行車風格，而選購不同的把手款式。對騎乘經驗豐富的車友來說，把手的功能性較造形重要，因此，在挑選的過程，以握持的舒適度與操控性為主。

5. 握持界面研究

因手部的握持動作不盡相同，綜合文獻與實驗之結果可發現，對於把手面寬的需求都有共通之處，就是「將施力範圍加大並平均分布，以減少受力點過於集中」，並配合著不同使用情形所需的施力方向，加強產品的使用安全性。

4-2 建議

本研究針對把手的設計已提出完整的設計方針，並實際架設於自行車進行驗證。但把手的設計，仍有許多因素會影響騎乘者的舒適感受，可進一步深入探討與研究，以達到更舒適的騎乘狀態。因此，本研究提出建議如下：

1. 好的產品會因使用需求而有所調整，對公路自行車把手而言也不例外，因此，本研究是以業餘及具騎乘經驗之人員作為測試對象，其結果與專業之把手需求不盡相同，因此，可進一步研究專業騎乘人員對於把手的需求方針。
2. 受限於設備與實驗資源，本實驗之騎乘測試皆以模擬騎乘狀態的訓練台為主，而無法進行實際騎乘所產生之狀況驗證，可建議未來研究之測試能以實際騎乘測試為主，以提昇研究之價值。
3. 由於，目前把手尺寸設定僅以把手總寬度作為騎乘者選擇之考量，不論把手大小，皆採取相同的管徑尺寸，因此，是否會影響舒適度高低，是本研究中尚未探討部份，建議後續研究能針對現有把手之尺寸，進行等比例管徑縮放來評估握持舒適度研究。
4. 因目前公路自行車尚不普及，要集合所有具公路自行車騎乘經驗的車友有其困難度，建議後續研究可增加具有公路自行車騎乘經驗的車友，使實驗資料更為豐富多元。

致謝

作者特別感謝匿名審查委員對於本文內容與架構方面給予建設性的修正意見，以及朝陽科技大學工業設計系周文智老師在統計分析方面的指正，與劉素利研究生在模型製作與實驗方面的協助。本研究承國科會專題研究經費補助(NSC: 96-2221-E-324-034)，特此致謝。

參考文獻

1. Aldien, Y., Welcome, D. S., Rakheja, R. D. & Boileau, P. E. (2005). Contact pressure distribution at hand-handle interface: Role of hand forces and handle size. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(3), 267-286.
2. DeVellis, R. F. (1999)。量表發展：理論與應用（Scale development-theory and application）（吳齊殷譯）。台北：弘智文化。（原作 1991 年出版）
3. Drury, C. G. (1980). Handle for manual material handling. *Applied Ergonomics*, 11(1), 35-42.

4. Kuijt-Evers, L. F. M., Groenesteijn, L., de Looze, M. P., & Vink, P. (2004). Identifying factors of comfort in using hand tools. *Applied Ergonomics*, 35(5), 453-458.
5. Lewis, W. G., & Narayan, C. V. (1993). Design and sizing of ergonomic handles for hand tools. *Applied Ergonomics*, 24(5), 351-356.
6. Mestdagh, K. (1998). Personal perspective: In search of an optimum cycling posture. *Applied Ergonomics*, 29(5), 325-334.
7. 巴蘭坦 (Ballantine, R.)、格蘭特 (Grant, R.) (2004)。自行車聖經 (Ultimate bicycle book) (黃小萍譯) (2004)。台北市：貓頭鷹。(原作 1992 年出版)
8. 王茂駿、王明揚、林昱呈 (2002)。台灣地區人體計測資料庫手冊。新竹：中華民國人因工程學會。
9. 王賢令 (1998)。握把直徑對進行握旋動作時手部肌肉負荷之效應。未出版之碩士論文，臺灣科技大學管理研究所，台北市。
10. 伍大忠 (2002)。造形與握感之設計模擬研究—以排檔桿，行動電話與釣竿為例。未出版之碩士論文，實踐大學工業產品設計學研究所，台北市。
11. 吳武政 (2000)。以誘導式歸納途徑法探討自行車騎乘姿勢與車架尺寸之關係。未出版之碩士論文，大同大學工業設計研究所，台北市。
12. 吳信典 (1998)。虛擬實境對自行車人體動作實驗影響之研究。未出版之碩士論文，成功大學工業設計研究所，台南市。
13. 林傑斌、林川雄、劉明德編著 (2005)。SPSS12 統計建模與分析程序。台北市：文魁。
14. 邱皓政 (2001)。量化研究與統計分析：SPSS 中文視窗版資料分析範例解析。台北：五南。
15. 陳道遠 (1998)。自行車騎乘在坡度震動環境下的主觀舒適度及生理反應之研究。未出版之碩士論文，成功大學工業設計研究所，台南市。
16. 陳嘉維 (2003)。自行車造形喜好對騎乘心理感受影響之研究。未出版之碩士論文，朝陽科技大學設計研究所，台中縣。
17. 彭定國 (1993)。SPSS/PC+入門與實務操作。台北：儒林。
18. 溫紹彥 (2002)。自行車變速旋轉握把之設計研究。未出版之碩士論文，長庚大學工業設計研究所，台北市。
19. 漆島 嗣治 (2003)。BICYCLE CULB 別冊。ヴインテージ ロードバイク。東京：株式会社 榎(えい)出版社。
20. 賴賢源 (1997)。登山自行車握把之人因設計因素研究。未出版之碩士論文，大葉大學工業設計研究所，彰化縣。

A Study on Comfortable Sensation of Road Bike Handlebar

Tai-Shen Huang

Graduate Institute of Design, Chaoyang University of Technology, Taiwan

tshuang@cyut.edu.tw

Abstract

The downward handle of road bikes not only could transfer the hand grip force of the rider, but also improve the hand stress by changing the grip location. Therefore, this study discussed the comfort of the hand grip position of downward handle. It first conducted morphological analysis on the product attribute elements, and conducted comfort experiment on the handle curve path, in order to confirm the effect of curve path on the grip comfort. It also conducted subjective questionnaire survey to measure the data, and experiments on the force impact area and comfort, in order to discuss the contact surface and received pressure of the handle in relation to the palm. Based on the result of the analysis of the experiment, we would be able to estimate the most appropriate handlebar size by using regression statistics quadratic function, and a new design handlebar can be created with Rapid Prototyping technology. The final experiment is executed to evaluate the comfort sensation on the new RP handlebar. The results showed that the new RP handlebar can obtain the optima contact area in the width of 5.38mm at up position and 4.02mm width at lateral side, but also eased the pain region. In addition, the pressured contact area of the redesigned handlebar is larger than the old ones, and has significant difference by using sign test method. According to the experiment data, the redesigned road bicycle handlebar is indeed better than the others, and increase holding comfortable sensation.

Keywords: Road bike, Downward Handlebar, Rapid Prototyping, Comfortable Sensation.