

探討指長比和空間能力的關係

林漢裕* 李玉琇** 陳垣長*

* 國立高雄師範大學工業設計學系

hanyu@nkn.edu.tw

** 國立中正大學心理學系

psyysl@ccu.edu.tw

摘要

對設計相關領域而言，空間能力是一項重要的指標，指長比和許多認知能力有關，其中也包括空間能力。目前，大部分研究指長比和空間能力的關係，都用單一空間測驗來表示，本研究在探討指長比和空間能力的關係，主要是以空間能力因素來進行，研究中使用六項空間測驗來檢驗空間想像、空間關聯和視覺空間感知速度三項因素。研究顯示，男性左手的指長比愈低，三項空間因素的表現就愈好，男性右手的指長比愈低，同樣發現空間想像和空間關聯因素的表現也愈好，但右手指長比與視覺空間感知速度無關。對女性而言，不管是左手或右手的指長比，都和空間能力表現無關。

關鍵字：指長比、空間能力、設計

論文引用：林漢裕、李玉琇、陳垣長（2012）。探討指長比和空間能力的關係。*設計學報*，17（1），25-40。

一、前言

對設計相關領域而言，空間能力具有一定程度的重要性，Roth（1993）認為，在發展設計構想的過程中，創意思考、問題解決和概念形成都和空間能力有關；有研究發現，空間能力會影響圖學表現（林漢裕、李玉琇，2010）、工科學生的課業表現（Burton & Dowling, 2009）與電腦輔助設計軟體的學習效率（Sorby, 2000）等。然而，如何有效檢驗一個人的空間能力？目前最普遍的方式是空間題本測驗。除此之外，Shah 和 Miyake（1996）的研究發現，空間短期記憶和空間工作記憶廣度，能有效預測空間能力。指長比也是預測空間能力的方式之一，許多研究發現，指長比和空間作業表現有明顯的負相關（Manning & Taylor, 2001），當然也有研究並沒有發現兩者有關（Coolican & Peters, 2003）。從過去文獻中發現，指長比和空間能力的關係有不一致的現象，然而過去的研究大部分是以相關來進行分析，本研究則是利用結構方程模式的統計方法，來進一步釐清指長比和空間能力的關係，並以跨群體比較來看性別是否有差異。研究指長比和空間能力關係的優點是指長比容易量測，計算也相當快速，若指長比和空間能力的關係能夠研究的更清楚，將是瞭解空間能力表現的新指標。

二、文獻探討

指長比是食指長除以無名指長所得的比例，一般稱為 2D：4D。有研究顯示，母親懷孕十四週時，指長比就已經確定，在兒童及成人時期都呈現一種穩定的狀態（Garn, Burdi, Babler, & Stinson, 1975; Manning, Scutt, Wilson, & Lewis-Jones, 1998）。有關指長比的研究，大約始於 1800 年代後期，許多文獻都提及男性的指長比低於女性。然而，開始以研究的方式進行男女指長比的差異，是在 1930 年由 George 所進行，在此之後，Wilson（1983）即展開指長比和心理特質的探討，他的研究發現，低指長比的女性，在自信心和競爭力的自我評比方面，會比高指長比的女性更有自信和競爭力。而指長比開始有大量的研究，是 Manning 從 1998 年之後開始進行，他是研究指長比最具代表性的人物。從指長比的研究歷史來看，時間並不長，但探討的內容相當多元；在生理方面，同齡人口中，高指長比的女性，罹患乳癌的風險比較高（Manning & Leinster, 2001）；右手指長比和男性的精蟲數呈現負相關（Manning, et al., 1998）。在成就表現方面，音樂家有較低的指長比，高水準表現的音樂家又比一般的音樂家低（Sluming & Manning, 2000）；國際級的足球運動員，其指長比低於一般級的選手（Manning & Taylor, 2001）。因此，指長比的研究極具意義，主要原因是它和許多疾病、認知行為與成就表現都有關。

有證據顯示，指長比和體內睪固酮濃度呈現負相關，和雌激素呈現正相關（Robinson & Manning, 2000），也就是說，低指長比的人，體內具有高睪固酮濃度和低雌激素，高指長比的人，則具有低睪固酮濃度和高雌激素。男性體內的睪固酮濃度通常比女性高，測出來的指長比會比女性低。在同性戀的研究中，性傾向可能會受到睪固酮和雌激素濃度的影響，同性戀的指長比明顯比異性戀低（Rahman & Wilson, 2003）。由此推論，當女性指長比較一般平均值低時，通常會有男性化傾向，男性指長比較高，會有女性化的現象。

因此，指長比是一個觀察體內睪固酮濃度的參考指標，高睪固酮會增強右腦發展（Geschwind & Galaburda, 1985）。右腦主要負責視覺空間和數學能力，所以男女在空間和數學表現方面的不同，可以歸因於體內睪固酮濃度的差異（Brosnan, 2006）。許多研究顯示，體內睪固酮多寡和空間測驗有關（Liben et al., 2002）。例如 Hooven、Chabrisc、Ellison 和 Kosslyn（2004）從唾液直接測量體內睪固酮濃度，並要參與者進行心像旋轉能力測驗，結果發現，睪固酮濃度和反應時間以及錯誤率成反比，也就是體內睪固酮濃度愈高，參與者在心像旋轉測驗中的反應時間和錯誤率就愈低。

既然體內睪固酮濃度和空間能力有關，那指長比和空間能力的關係，就值得進一步觀察。許多研究顯示，指長比和空間能力有關。以心像旋轉為例，在男性運動員中，低指長比的選手表現明顯比高指長比的選手好（Manning & Taylor, 2001）。這樣的結果同樣在 Sanders、Bereczkei、Csatho 和 Manning（2005）的研究中看到，他們的研究發現，男性指長比和心像旋轉能力呈現負相關。然而，並沒有證據顯示女性指長比和心像旋轉能力有關，據此推論，高心像旋轉分數可能和成年人體內的高睪固酮濃度有關。除了心像旋轉測驗之外，空間短期記憶 Corsi Block 作業的表現，和女性兒童的指長比呈現負相關（Bull, Davidson, & Nordmann, 2010）；在線段判斷作業中，低指長比會有高的線段判斷作業表現分數（Collaer, Reimers, & Manning, 2007）。因此，從上面所列舉的研究可看出，若指長比跟空間能力有關，其關係都是負相關。

另外，也有研究用多個空間作業來進行，研究發現有些空間作業和指長比有關，有的則無關。例如，Poulin、O'Connell 和 Freeman（2004）探討心像旋轉、自由回憶和圖形位置回憶三項測驗和指長比之間的關係，研究發現，對女性而言，指長比和圖形位置的回憶呈現正相關，也就是指長比愈高，空間位置回憶的表現愈好。在心像旋轉測驗方面，並沒有發現和男女的指長比有關。不過，可以看到在心像旋轉

測驗中，男女有顯著差異，男性表現比女性好；在圖形位置回憶方面，男女也有顯著差異，但女性表現比男性好。以狩獵-採集假說 (hunter gatherer hypothesis; Eals & Silverman, 1994) 來看這樣的結果，推論男性在演化的過程中，通常扮演的是一個狩獵者的角色，需要空間技能，女性通常是覓食者的角色，需要有回憶食物儲藏位置的能力。因此，Poulin 等人的研究結果顯示，空間能力的差異和演化過程中男、女所需具備的能力有謀合的地方。

不過，也有研究發現指長比和空間能力無關，例如 Coolican 和 Peters (2003) 探討指長比和心像旋轉能力之間的關係，結果發現兩者無關。Coolican 和 Peters 認為，女性沒有看到指長比和空間能力的相關，這和許多研究一致，但男性也同樣沒有看到兩者之間有顯著相關，就有些難解釋，因為在這個研究中，樣本數夠大且有好的統計檢定力。因此，他們的結論認為，指長比和心像旋轉能力無關。此外，Austin、Manning、McInroy 和 Mathews (2002) 探討人格特質、認知能力和指長比之間的關係，研究發現女性指長比和刺激尋求量表 (sensation seeking scale) 的分數呈現負相關，代表低指長比的女性較欲尋求刺激，但在認知作業中，發現指長比和心像旋轉能力無關，這與 Manning 和 Taylor (2001) 的研究不一致。

造成指長比和空間能力不一致的研究結果，可歸因於空間測驗過於複雜，複雜到在測驗的過程中，不只需要空間能力，同時也需要注意力、短期記憶和工作記憶來進行，這些額外的變項，是造成研究結果差異的主要原因 (Bull & Benson, 2006)。然而，研究鞣固酮和空間能力之間的結果也有類似的情形，在這類的研究中，同樣也看到不一致的現象，有研究發現鞣固酮濃度和空間能力呈現負相關 (Hooven, et al., 2004)，有研究看到呈現正相關 (Silverman, Kastuk, Choi, & Phillips, 1999)，也有研究做出來的結果無關 (McKeever, Rich, Deyo, & Conner, 1987)。Hooven 等人 (2004) 認為，造成此種不一致的現象，主要有三個原因：1. 採樣鞣固酮的方法。2. 參與者樣本數。3. 空間測驗的不同。由此可見，空間測驗的難易度，或空間測驗的不同，可能是影響指長比和空間能力結果不一致的原因。

既然不同的空間測驗可能會影響指長比和空間能力的關係，那麼近年來研究人員普遍使用的空間測驗作業又有哪些？從後設分析 (meta-analyses) 的研究中發現，在十幾篇研究空間能力和指長比的論文中，整理出最常使用的測驗為 Vandenberg 和 Kuse (1978) 的心像旋轉能力測驗 (Puts, McDaniel, Jordan, & Breedlove, 2008)。然而，在研究中也看到一個現象，就是絕大多數的實驗都是以一個空間能力測驗為主，僅有少數研究採用兩個或兩個以上的空間測驗，例如 Poulin 等人 (2004) 的研究是以心像旋轉和空間位置記憶兩個測驗；Kempel 等人 (2005) 使用 2D 心像旋轉和 3D 心像旋轉測驗，分析時將兩個測驗分數相加平均；van Anders 和 Hampson (2005) 的研究共用了三項測驗，包括摺紙測驗 (paper folding test)、Vandenberg 心像旋轉測驗與 Guilford-Zimmerman 空間定位測驗，研究者將這三項作業轉成 Z 分數後，將其平均變成整體的空間能力分數，結果發現，不管是整體或個別測驗的分數都和指長比無關。

然而，空間能力是一個概念，許多研究空間能力的學者都認為，空間能力並不是單一的技能，而是由多個因素組成 (Linn & Petersen, 1985; McGee, 1979)。例如 McGee (1979) 認為，空間能力至少有兩個主要的成分，包括空間想像 (spatial visualization) 和空間方位 (spatial orientation) 的能力；Carroll (1993) 認為，空間能力包含五個因素，分別為空間想像、空間關聯 (spatial relation)、視覺空間感知速度 (visuospatial perceptual speed)、完形速度 (closure speed) 和形狀變通 (closure flexibility) 等因素 (林漢裕、李玉琇, 2010)；Lohman (1979) 將空間能力分為空間想像、空間方位和空間關聯三項因素；Linn 和 Peterson (1985) 認為，空間能力包括空間感知 (spatial perception)、空間旋轉 (spatial rotation) 和空間想像因素。從上面的說明可看出，不同的學者對空間能力的組成會有不同的看法，但空間想像因素都有歸納在空間能力中。除此之外，空間關聯因素和視覺空間感知速度也常被提及 (Miyake, Friedman, Rettinger, Shah, & Hegarty, 2001)。

綜合整理指長比和空間能力的文獻，造成研究結果不一致的原因，主要在空間測驗的複雜度和空間測驗的不同。不同的根本點是大部分的研究都是單一的空間測驗，或是將幾個空間測驗分數相加平均。如此的作法應該只能測到空間能力的一部份，要完整測量空間能力，需要不同的空間因素測驗。為了能更完整測量參與者的空間能力，本研究以最常提及的空間想像、空間關聯和視覺空間感知速度等三項因素作為參與者空間能力的指標。然而，此三項空間能力因素，該用什麼樣的空間測驗來測量？本研究參考 Carroll (1993)、French (1951)、Lohman (1979) 和 Miyake 等人 (2001) 的看法，篩選出測量三項空間能力因素常用的測驗。French 認為，因素參照的認知測驗 (kit of factor-referenced cognitive tests; Ekstrom, French, Harman, & Derman, 1976) 中紙形板測驗 (paper form board test)、摺紙測驗 (paper folding test) 和表面發展測驗 (surface development test) 可以有效測出空間想像能力；Lohman (1988) 建議，空間想像能力測驗包括紙形板測驗、摺紙測驗、表面發展測驗和 Shepard-Metzler 的心像旋轉測驗等；Carroll 建議，在空間想像能力的測驗中，同樣也包括紙形板測驗、摺紙測驗、表面發展測驗等。因此，本研究在空間想像因素，參考上面研究者的建議和 Puts 等人 (2008) 的研究結果，以摺紙測驗 (Ekstrom, et al., 1976) 和常用於指長比研究的 Vandenberg 和 Kuse 的心像旋轉能力測驗為主 (Vandenberg & Kuse, 1978)。其次是空間關聯因素的測驗，French 認為此項因素可以用卡片旋轉 (card rotation)、立方體比較 (cube comparisons) 和空間方位 (spatial orientation) 等測驗來進行；Lohman、Carroll 和 Thurstone (1948) 都認為空間關聯因素可以用的測驗包括：卡片旋轉、旗子旋轉 (flag test) 等；整合上述研究者的建議，本研究在空間關聯因素的測驗，以卡片旋轉 (Ekstrom, et al., 1976) 和旗子旋轉 (Thurstone & Thurstone, 1941) 作業為主。最後是視覺空間感知速度因素的檢驗，此項因素反應的是處理圖形速度或效率，測驗內容是快速對視覺圖形作配對的判斷，Miyake 等人 (2001) 的研究是以相同圖形判斷 (identical pictures) 和隱藏圖形判斷 (hidden patterns, Ekstrom, et al., 1976) 作業來進行，這兩項作業同樣是取自於因素參照的認知測驗，本研究在此因素的檢測，亦是以該兩項測驗為主。

在統計方法的部分，本研究以結構方程模式來進行分析，結構方程模式的特點是變項大部分會用幾個面向的測驗來進行，這會比單一測驗能更完整測量到空間能力因素。圖 1 是本研究提出的結構模式，模式中的 γ 指的是自變項 (指長比) 和潛在依變項 (空間想像、空間關聯和視覺空間感知速度) 間的關係， λ 指的是潛在依變項 (空間想像、空間關聯和視覺空間感知速度) 和測量指標 (心像旋轉、摺紙測驗...等六項測驗) 間的關係， ε 指的是測量指標的誤差項， ζ 指的是潛在依變項無法解釋的殘差。在這個結構模式中，主要是看指長比影響三個空間潛在變項的效果，也就是 γ_1 、 γ_2 和 γ_3 是否有顯著，若有顯著，其顯著效果是正向或負向。

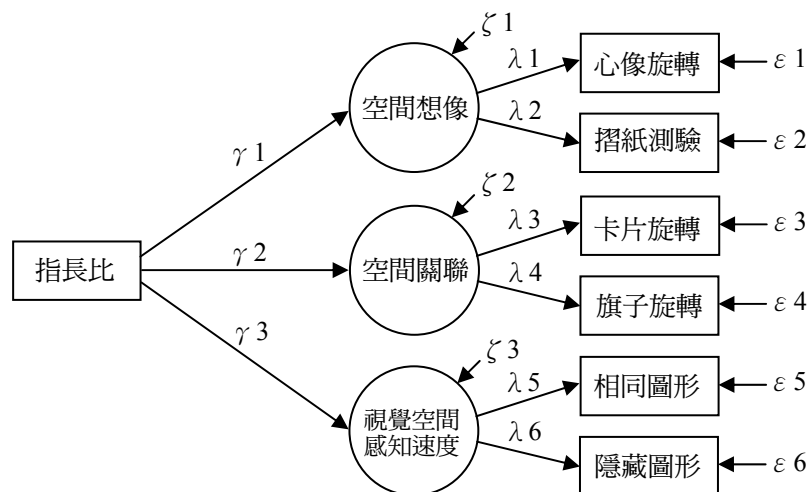


圖 1. 指長比和空間因素的結構模式

三、研究方法

3-1 參與者

本研究參與者共 183 人，男生 74 人，女生 109 人，年齡分布從 17 至 34 歲之間，平均 20.8 歲。這些參與者分別來自國立高雄師範大學、國立高雄餐旅學院、國立屏東教育大學、國立屏東商專和大仁技術學院等，參與者的背景相當廣泛，包括：英文、中文、體育、應用物理、材料、教育、特教，資料處理等非設計科系。有研究發現，空間能力會經由訓練而提升，例如 Prieto 和 Velasco (2010) 的研究指出，經由大一繪圖課程的訓練，視覺空間能力會明顯提升。因此，只限非設計科系的參與者來進行本實驗，能將空間能力的學習效應排除在外。這些不同背景的參與者，是隨機透過網路布告欄和同學相互招募而來，在完成所有測驗後，可獲得 100 元酬勞。

3-2 量測指長比

參與者以輕鬆的方式，將手掌平放於掃描器上，掃描左手掌後，接著掃描右手掌，掃描解析度為 300dpi。量測的方式採用 CorelDraw 軟體，將手指底端最清楚的摺痕，由摺痕的中間點往上拉一條線到手指的頂端，見圖 2，並量測該線的長度，單位為公分，取至小數點以下三位。指長比計算方式為食指長除以無名指長，透過 Spss 分別算出左手與右手的指長比。

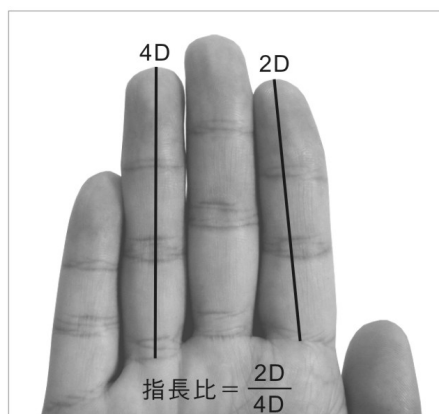


圖 2. 指長比計算方式

3-3 空間測驗材料

心像旋轉作業：心像旋轉作業是根據 Vandenberg 和 Kuse (1978) 的 3D 心像旋轉作業材料重新繪製，如圖 3 所示。在這個測驗中，每個圖都是由 10 個小立方體所組成一個類似 Z 型的立體圖，參與者要根據左邊 Z 型立體的目標圖，來判斷右邊四個 Z 型立體旋轉圖的選項，哪一個和目標圖一樣，如果參與者認為右邊 Z 型旋轉圖中，有那個和目標圖相同，就把 Z 型旋轉圖形下方的選項號碼圈起來，整個測驗過程共 2.5 分鐘，測驗題數為 20 題，分數的計算是以答對的題數減去答錯的題數，總分為 20 分。

摺紙作業：摺紙作業材料是因素參照的認知測驗 (Ekstrom, et al., 1976) 中的一項測驗。此測驗主要是心理模擬左邊圖形的引導，依據虛線的摺疊步驟摺疊並打洞後，參與者判斷右邊五個圖形中，哪個是摺疊打洞後攤開的圖，並將該圖下方的號碼選項圈起來。本測驗有兩回，每回 10 題，測驗時間為 3 分鐘，參與者完成一回後，隨即進行第二回測驗，分數的計算是以答對的題數減去答錯的題數，總分為 20 分。

卡片旋轉作業：卡片旋轉作業 (Ekstrom, et al., 1976) 材料同樣是取自認知相關因素測驗群組，在這項測驗中，參照林漢裕和李玉琇 (2010) 的作法，參與者要根據左邊的目標圖，來判斷右邊所呈現的各種角度的圖形和目標圖是相同或鏡射的關係。如果參與者認為右邊的圖和目標圖是相同的，就在該圖下方的「同」、「異」兩個方框選項，勾選「同」的方框；如果認為是鏡像的關係，則勾選「異」的方框，整個測驗過程為 6 分鐘。卡片旋轉作業分數，是以參與者勾選的正確題數減掉錯誤題數，總分為 240 分。

旗子旋轉作業：旗子旋轉作業 (Thurstone & Thurstone, 1941) 主要是根據左邊的旗子圖，來判斷右邊的旗子經由旋轉後，兩邊旗子是呈現相同或鏡射的關係，右邊旗子旋轉的角度有 90 度、180 度、270 度和 360 度四種，參與者如果認為左、右兩個圖是相同的，就在該圖右方的「同」、「異」兩個方框選項，勾選「同」的方框，如果參與者認為是鏡射的關係，則勾選「異」的方框。本測驗有兩回，每回 24 題，測驗時間 1 分鐘，參與者完成一回後，隨即進行第二回測驗，分數的計算是以答對的題數減去答錯的題數，總分為 48 分。

相同圖形判斷作業：相同圖形判斷作業 (Ekstrom, et al., 1976) 的材料也是取自認知相關因素測驗群組。在這個測驗中，參與者要根據左邊的目標圖 (2D 平面圖)，來判斷右邊五個與目標圖相似，但只有一個與目標圖完全相同的圖，並在該圖下方的方框中作勾選。本測驗有兩回，每回 48 題，測驗時間為 1 分鐘，參與者完成一回後，隨即進行第二回測驗，分數的計算是以答對的題數減去答錯的題數，總分為 96 分。

隱藏圖形判斷作業：隱藏圖形作業 (Ekstrom, et al., 1976) 的材料同樣是取自認知相關因素測驗群組。參照林漢裕和李玉琇 (2010) 的作法，在這個作業中，會有一個基準圖和一些比基準圖稍微複雜一點的圖形，參與者要判斷所呈現的圖形是否有基準圖隱藏在其中。如果有，就在圖形下邊的括弧中劃上「+」號，如果沒有，就劃上「-」號。本測驗有兩回，每回 200 個圖，測驗時間為 1.5 分鐘，參與者完成一回後，隨即進行第二回測驗，分數的計算是以答對的圖數減去答錯的圖數，總分為 400 分。

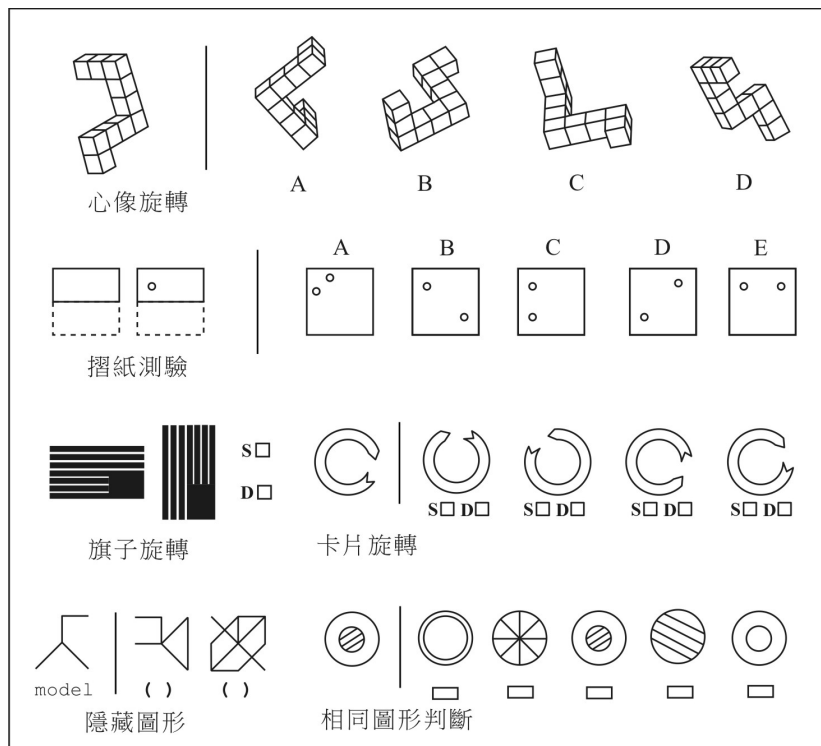


圖 3. 空間測驗材料 (作者重新繪製，心像旋轉參考：Vandenberg & Kuse, 1978；摺紙作業、卡片旋轉、隱藏圖形和相同圖形判斷參考：Ekstrom, French, Harman & Derman, 1976；旗子旋轉參考：Thurstone & Thurstone, 1941。)

3-4 程序

本研究分兩階段，第一階段是六項空間能力測驗，採紙筆方式進行，第二階段是指長比的量測，使用掃描器掃描。實驗是在一般普通教室，採小團體的方式進行，參與者進入教室後，由主試者先說明實驗流程，並請參與者填上基本資料後，依序進行空間能力測驗。在每個空間測驗開始前，主試者會說明作答方式及作答時間，並有範例做練習，以確定參與者瞭解作答內容，並以碼錶控制作答時間，當一個測驗完成後，隨即進行第二個測驗，如此直到六個空間測驗完為止。之後，參與者依序進行左、右手手掌的掃描，整個實驗完成約需 40 分鐘。

四、結果

本研究利用結構方程模式的統計方法，來看指長比和空間能力的關係，使用軟體為 LISREL 8.80。由於結構方程模式的基本假設是觀察變項必須符合常態分配，偏態和峰度可用來判斷變項是否符合，當偏態值如果小於 3，峰度值如果小於 10 (Kline, 2010)，可視為常態分配。在表 1 敘述統計中的偏態和峰度都符合這個標準，因此，每項作業的分數分布都是常態分配。

表 1. 敘述統計

變項	平均數	標準差	得分範圍	分數範圍	偏態	峰度
左手指長比	0.958	0.03			-0.39	-0.11
右手指長比	0.957	0.03			0.48	2.12
男性左手指長比	0.944	0.03			-0.26	-0.32
女性左手指長比	0.966	0.03			0.94	2.99
男性右手指長比	0.950	0.03			-0.28	-0.18
女性右手指長比	0.964	0.03			-0.44	0.01
心像旋轉	7.57	2.94	1-15	0-20	-0.008	-0.52
摺紙作業	14.13	2.76	6-20	0-20	-0.61	0.10
卡片旋轉	88.33	24.32	28-147	0-240	-0.03	-0.17
旗子旋轉	30.48	11.82	7-48	0-48	-0.08	-1.22
相同圖形	83.42	11.38	45-96	0-96	-0.82	-0.24
隱藏圖形	129.24	28.52	32-195	0-400	-0.72	0.77

Note. N = 183.

在確認所有變項都符合常態分配後，本研究以最大概似法 (maximum likelihood) 來進行模式檢定和性別的跨群體分析。要檢定模式是否能夠成立，需要從多個指標來看，最常用的指標，包括： χ^2 、CFI、NFI、RMSEA 和 SRMR 等， χ^2 為一種差性適配指標，模式要能夠成立， χ^2 必須不顯著，但 χ^2 值對樣本數相當敏感，當樣本數愈大時， χ^2 就愈容易達到顯著，表示該模式遭到拒絕，因此，需有另外的指標作為模式評估的參考。CFI 和 NFI，值介於 0 到 1 之間，其值愈大就表示模式的適配度愈好，判斷該模式是否成立時，其值通常需大於 0.9；SRMR 值的範圍也是介於 0 到 1 之間，數值小於等於 0.8，代表此模式能夠成立 (Hu & Bentler, 1998)；RMSEA 值愈小代表適配度愈好，當數值小於 0.1，代表該模式能夠成立 (MacCallum, Browne, & Sugawara, 1996)。

4-1 驗證性因素分析

本研究在進行模式檢定的過程中，依據 Anderson 和 Gerbing (1988) 的建議，採用兩個步驟的方式來進行，首先，用驗證性因素分析 (Confirmatory Factor Analysis, CFA) 來檢定測量模式，並以標準化因素負荷量作為評估效度的指標。驗證性因素分析的結果顯示， $\chi^2 (12, N = 183) = 12.83, p = 0.41, CFI = 1.0, NFI = 0.98, RMSEA = 0.01, SRMR = 0.03$ 。這些指標都符合學者所建議的數值，代表模式可以成立。表 2 呈現的是各個觀察變項的標準化因素負荷量，從表中可以看到，各個標準化因素負荷量的 t 值都達到顯著水準，且數值介於 0.86-0.48 之間，皆高於 Bentler 和 Wu (1983) 以及 Jöreskog 和 Sörbom (1993) 所建議的門檻值 0.45，代表所有觀察變項（也就是所有測驗）能有效反映其所建構的潛在變項。

表 2. 觀察變項之標準化因素負荷量

潛在變項	觀察變項	標準化因素負荷量	t值
	左手指長比	1.00	19.08**
	右手指長比	1.00	19.08**
空間想像因素	心像旋轉	0.71	8.47**
	摺紙測驗	0.57	4.05**
空間關聯因素	卡片旋轉	0.86	10.47**
	旗子旋轉	0.48	6.26**
視覺空間感知速度	相同圖形	0.64	8.11**
	隱藏圖形	0.71	9.00**

Note. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

4-2 建立基底模式—左手

在確認觀察變項能有效反映潛在變項後，接下來進行性別的跨群體比較。在進行跨群體分析時，必須先建立一個可適用於不同樣本的基底模式 (baseline model)。本研究以圖 1 的結構模式為起點，並加以檢驗，以確定能夠獲得有效的基底模式。在整體模式中，模式適配指標為： $\chi^2 (19, N = 183) = 29.32, p = 0.06, CFI = 0.97, NFI = 0.94, RMSEA = 0.08, SRMR = 0.05$ 。在男性的模式中，模式適配指標為： $\chi^2 (9, N = 74) = 6.48, p = 0.69, CFI = 1.0, NFI = 0.97, RMSEA = 0.00, SRMR = 0.04$ ；在女性的模式中，模式適配指標為： $\chi^2 (9, N = 109) = 13.90, p = 0.13, CFI = 0.98, NFI = 0.94, RMSEA = 0.07, SRMR = 0.05$ 。從上述三個模式的適配指標來看，都符合建議值，代表全體樣本、男性樣本和女性樣本的基底模式都可以成立，因此，該模式可以適用於不同的性別。

從男性左手的基底模式圖來看，見圖 4 所示，指長比對空間想像的標準化因素負荷量為： $-0.57 (t = -3.42)$ ，顯著，t 值大於 ± 1.96 表示參數估計達 0.05 顯著水準，t 值大於 ± 2.58 表示參數估計達 0.01 顯著水準；指長比對空間關聯的標準化因素負荷量為： $-0.34 (t = -2.35)$ ，顯著；指長比對視覺空間感知速度的標準化因素負荷量為： $-0.43 (t = -2.29)$ ，顯著。從女性左手的基底模式圖來看，指長比對空間想像的標準化因素負荷量為： $0.20 (t = 1.58)$ ，不顯著；指長比對空間關聯的標準化因素負荷量為： $0.13 (t = 1.19)$ ，不顯著；指長比對視覺空間感知速度的標準化因素負荷量為： $0.04 (t = 0.47)$ ，不顯著。因此，對男性而言，左手的指長比會影響三個空間因素的表現，但由於顯著性是負向的，代表男性左手指長比愈低，三個空間因素的表現就愈好。對女性而言，左手指長比和三個空間因素的表現無關。

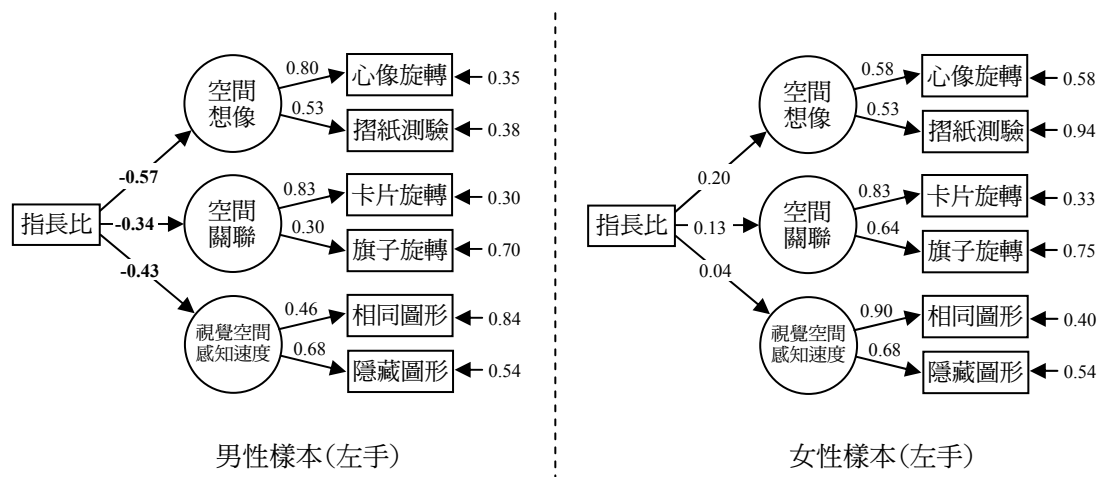


圖 4. 性別在左手的基底模式

4-3 檢定測量恆等性—左手

進一步檢定跨群體恆等性的問題，也就是檢定男性和女性在指長比對三個空間因素的影響是否有不同，若有不同，則再進一步檢定個別因素是否有達到顯著差異。在檢定的過程中，主要是將男性組和女性組的指長比對三個空間因素負荷量設為恆等，來看整體的 χ^2 和設為恆等的 χ^2 之間數值的差異 ($\Delta \chi^2$) 和自由度的差異 (Δdf)，若 $\Delta \chi^2$ 在 Δdf 之下，達到顯著水準，即表示恆等性的假設不成立。表 3 是測量恆等性的結果摘要，從表中可以看到，把指長比對三個空間因素負荷量設為恆等時， χ^2 的差異達顯著，代表男性組和女性組在指長比到三個空間因素的影響度有不同，接著檢驗發現，指長比對空間想像、指長比對空間關聯，以及指長比對視覺空間感知速度的影響效果，男性組和女性組達顯著；換句話說，男女在指長比對空間想像因素的影響效果有顯著差異，指長比對空間關聯因素的影響效果有顯著差異，指長比對視覺空間感知速度的影響效果有顯著差異。

表 3. 左手的測量恆等性檢定摘要表

模式比較	男性組 非標準化係數	女性組 非標準化係數	χ^2	df	$\Delta\chi^2$	Δdf
整體樣本的基底模式			29.32	19		
指長比→三個空間因素負荷量恆等			44.71	22	15.39**	3
指長比→空間想像	-25.63	9.21	43.86	20	14.54**	1
指長比→空間關聯	-215.58	81.24	35.13	20	5.81*	1
指長比→視覺空間感知速度	-258.13	25.84	34.26	20	4.94*	1

Note. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

4-4 建立基底模式—右手

如同左手的跨群體比較方式，首先，要確定基底模式有效，在整體模式中，模式適配指標為： χ^2 (19, N = 183) = 33.32, $p = 0.02$, CFI = 0.96, NFI = 0.92, RMSEA = 0.09, SRMR = 0.06。在呈現的指標中， χ^2 達到顯著，代表模式不適配，但由於 χ^2 受樣本數影響很大，一般都只作為參考指標，因此，在其他指標都符合建議值的情況下，整體模式可以成立。在男性的模式中，模式適配指標為： χ^2 (9, N = 74) = 10.38, $p = 0.32$, CFI = 0.99, NFI = 0.95, RMSEA = 0.05, SRMR = 0.06，也都符合建議值，男性模式成立；在女性

的模式中，模式適配指標為： $\chi^2(9, N = 109) = 14.84, p = 0.10, CFI = 0.96, NFI = 0.93, RMSEA = 0.08, SRMR = 0.05$ ，同樣也符合建議值，女性模式成立。在全體樣本、男性樣本和女性樣本的基底模式都可以成立的情況下，代表此模式可以適用於不同的性別。

從男性右手的基底模式圖來看，見圖 5，指長比對空間想像的標準化因素負荷量為： $-0.40 (t = -2.61)$ ，顯著， t 值大於 ± 1.96 表示參數估計達 0.05 顯著水準， t 值大於 ± 2.58 表示參數估計達 0.01 顯著水準；指長比對空間關聯的標準化因素負荷量為： $-0.29 (t = -2.14)$ ，顯著；指長比對視覺空間感知速度的標準化因素負荷量為： $-0.15 (t = -0.85)$ ，不顯著。從女性右手的基底模式圖來看，指長比對空間想像的標準化因素負荷量為： $0.20 (t = 1.45)$ ，不顯著；指長比對空間關聯的標準化因素負荷量為： $0.15 (t = 1.29)$ ，不顯著；指長比對視覺空間感知速度的標準化因素負荷量為： $0.04 (t = 0.39)$ ，不顯著。因此，對男性而言，右手的指長比會影響空間想像和空間關聯因素，由於顯著性是負向的，代表男性右手指長比愈低，空間想像和空間關聯因素的表現會愈好；其次，男性右手指長比和視覺空間感知速度的表現無關；對女性而言，右手指長比和三個空間因素的表现無關。

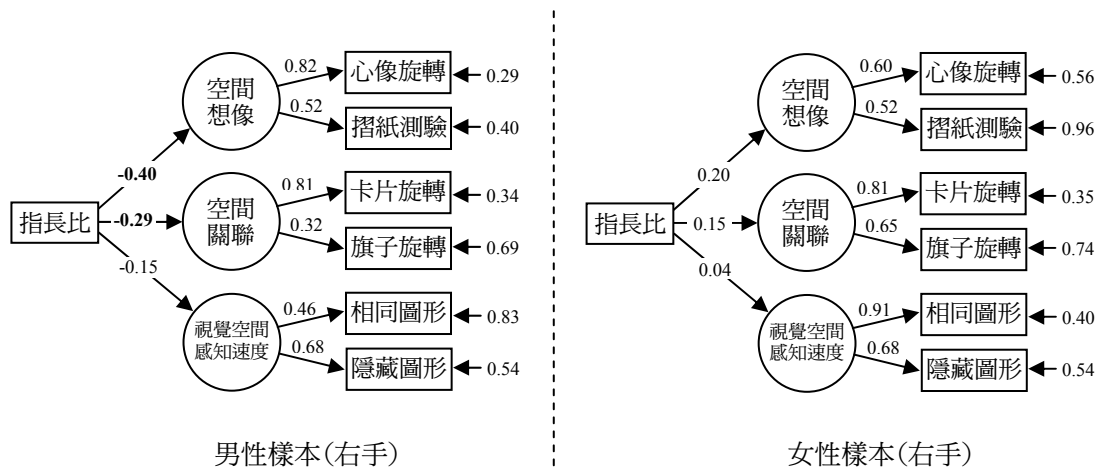


圖 5. 性別在右手的基底模式

4-5 檢定測量恆等性—右手

如同檢定左手的測量恆等性一樣，主要是看 $\Delta \chi^2$ 在 Δdf 之下，是否達到顯著水準，若顯著即表示恆等性的假設不成立。下頁表 4 是右手測量恆等性的結果摘要，從表中可以看到，把指長比對三個空間因素負荷量設為恆等時， χ^2 的差異達顯著，代表男性組和女性組在指長比對三個空間因素的影響度有不同。接著，檢驗發現指長比對空間想像、指長比對空間關聯兩個因素的影響效果達顯著，代表男女右手指長比對空間想像因素的影響效果有顯著差異，對空間關聯因素的影響效果也有顯著差異，然而，數值顯示男女右手指長比對視覺空間感知速度的影響效果沒有顯著，代表男女右手的指長比對視覺空間感知速度的影響效果沒有不同。

4-6 比較指長比的性別差異

指長比在性別差異的比較也是分成左手和右手，在左手方面，男性指長比平均數為： 0.944 ，女性為： 0.966 ，透過獨立樣本 t 檢定，結果顯示 $t(181) = -3.21$ ，顯著，代表男性左手的指長比明顯低於女性左手的指長比；在右手方面，男性指長比的平均數為： 0.950 ，女性為： 0.964 ，獨立樣本 t 檢定顯示 $t(181) = -4.39$ ，顯著，代表男性右手的指長比明顯低於女性右手的指長比。

表 4. 右手的測量恆等性檢定摘要表

模式比較	男性組 非標準化係數	女性組 非標準化係數	χ^2	df	$\Delta\chi^2$	Δdf
整體樣本的基底模式			33.32	19		
指長比→三個空間因素負荷量恆等			44.02	22	10.70*	3
指長比→空間想像	-19.35	9.53	42.20	20	8.88**	1
指長比→空間關聯	-199.89	102.54	38.18	20	4.86*	1
指長比→視覺空間感知速度	-99.69	24.72	33.50	20	0.18	1

Note. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

五、結論

本研究探討指長比和空間能力的關係，空間能力指標是以三項空間因素的六項測驗為主。研究發現，男性左手的指長比愈低，空間能力中的空間想像、空間關聯和視覺空間感知速度的表現愈好。同樣地，男性右手的指長比愈低，空間想像和空間關聯的表現也愈好，但右手指長比和視覺空間感知速度無關。對女性而言，不管是左手或右手的指長比都和空間能力無關。空間想像因素反應的是對空間形態的內心操弄，空間關聯也同樣需要作心理轉換，但通常處理平面的圖形。在本研究中，男性的指長比愈低，反應的是對空間形態的理解、編碼和操弄都會比較好。而視覺空間感知速度所強調的是對圖形判斷的速度和效率。因此，男性左手指長比愈低，判斷圖形的速度會愈快，但右手指長比並沒有發現這樣的結果。另外，從跨群體的分析中也發現，除了男性右手的指長比對視覺空間感知速度的影響和女性右手的指長比沒有差異外，男性在指長比對空間能力的影響力都明顯優於女性。

從研究結果來看，本研究和 Sanders 等人（2005）的結果一致，在他們的研究中發現男性的指長比和心像旋轉能力呈現負相關，但並沒有發現女性指長比和心像旋轉能力有關。另外，從文獻討論中也看到一個現象，就是假如指長比跟空間能力測驗的表現有關，幾乎都是負相關，本研究的結果，同樣也看到這樣的現象。對女性而言，許多研究發現指長比和心像旋轉能力無關（Austin, et al., 2002; Coolican & Peters, 2003），本研究也呈現相同的結果。由於大部分在探討指長比和空間能力的關係，幾乎都是以心像旋轉能力為主，本研究得到結果的面向更廣，多了空間能力中有關簡單的平面旋轉和圖形判斷速度作業的新資料，研究結果能讓指長比和空間能力測驗的關係提供更多元的證據。

從文獻的探討發現，指長比和空間能力的研究結果呈現不一致的現象，Bull 和 Benson（2006）認為，造成不一致的原因是空間作業過於複雜。本研究在空間測驗的作業選擇方面，涵蓋相當廣泛，有複雜的作業，例如 Vandenberg 和 Kuse 的 3D 心像旋轉測驗，也有相當簡單的作業，例如相同圖形判斷作業，主要是讓參與者找出相同的圖。因此，實驗中消除了空間作業複雜度差異的疑慮。其次，本研究用結構方程模式的統計方法來進行，其特色就是能夠避免過度依賴單一指標所造成研究結果的歧異現象，因此，研究結果的可信度會提高。

本研究也發現，指長比有性別差異，男性的指長比低於女性，這樣的結果和許多研究一致（Lucas & Koff, 2010）。值得一提的是，在中國人的研究中，同樣發現男性的指長比明顯低於女性（Yang, Gray, Zhang, & Pope, 2009）。另外，Manning、Stewart、Bundred 以及 Trivers（2004）針對不同種族的兒童，進行指長比在性別和種族差異的研究，研究中將所有種族兒童的指長比加以平均，並進行男女指長比的差異性

比較，該結果發現，男性的指長比也明顯低於女性。因此，不管是成年人、兒童或種族的不同，都可以看到指長比有性別差異。

在後續研究方面，有些研究發現指長比和職業表現有關，例如，指長比和音樂家 (Sluming & Manning, 2000)、足球選手 (Manning & Taylor, 2001)、股票交易員 (Coates, Gurnell, & Rustichini, 2009) 和消防員 (Voracek, Pum, & Dressler, 2010) 等，指長比是否也和設計相關的行業有關？值得進一步探討。

參考文獻

1. Anderson, J., & Gerbing, D. (1988). Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, *103*(3), 411-423.
2. Austin, E., Manning, J., McInroy, K., & Mathews, E. (2002). A preliminary investigation of the associations between personality, cognitive ability and digit ratio. *Personality and Individual Differences*, *33*(7), 1115-1124.
3. Bentler, P., & Wu, E. (1983). *EQS/Windows user's guide*. Los Angeles: BMDP Statistical Software.
4. Brosnan, M. (2006). Digit ratio and faculty membership: Implications for the relationship between prenatal testosterone and academia. *British Journal of Psychology*, *97*(4), 455-466.
5. Bull, R., & Benson, P. (2006). Digit ratio (2D: 4D) and the spatial representation of magnitude. *Hormones and Behavior*, *50*(2), 194-199.
6. Bull, R., Davidson, W., & Nordmann, E. (2010). Prenatal testosterone, visual-spatial memory, and numerical skills in young children. *Learning and Individual Differences*, *20*(3), 246-250.
7. Burton, L. J., & Dowling, D. (2009). *Key factors that influence engineering students academic success: A longitudinal study*. *Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium 2009*(pp. 1-6). Cairns, Australia: Research in Engineering Education Symposium.
8. Carroll, J. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. New York: Cambridge University Press.
9. Coates, J., Gurnell, M., & Rustichini, A. (2009). Second-to-fourth digit ratio predicts success among high-frequency financial traders. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(2), 623-628.
10. Collaer, M. L., Reimers, S., & Manning, J. T. (2007). Visuospatial performance on an internet line judgment task and potential hormonal sarkers: Sex, sexual orientation, and 2D:4D. *Archives of Sexual Behavior*, *36*, 177-192.
11. Coolican, J., & Peters, M. (2003). Sexual dimorphism in the 2D/4D ratio and its relation to mental rotation performance. *Evolution and Human Behavior*, *24*(3), 179-183.
12. Eals, M., & Silverman, I. (1994). The hunter-gatherer theory of spatial sex differences: Proximate factors mediating the female advantage in recall of object arrays. *Ethology and Sociobiology*, *15*(2), 95-105.
13. Ekstrom, R. B., French, J. W., Harman, H. H., & Derman, D. (1976). *Kit of factor referenced cognitive factors*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
14. French, J. (1951). *The description of aptitude and achievement tests in terms of rotated factors*. Chicago: University of Chicago Press.
15. Garn, S., Burdi, A., Babler, W., & Stinson, S. (1975). Early prenatal attainment of adult metacarpal

- phalangeal rankings and proportions. *American Journal of Physical Anthropology*, 43(3), 327-332.
16. Geschwind, N., & Galaburda, A. (1985). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations, and pathology: II. A hypothesis and a program for research. *Archives of Neurology*, 42(6), 428-654.
 17. Hooven, C., Chabris, C., Ellison, P., & Kosslyn, S. (2004). The relationship of male testosterone to components of mental rotation. *Neuropsychologia*, 42(6), 782-790.
 18. Hu, L., & Bentler, P. (1998). Fit indices in covariance structure modeling: Sensitivity to underparameterized model misspecification. *Psychological Methods*, 3(4), 424-453.
 19. Joreskog, K., & Sorbom, D. (1993). Testing structural equation models. In K. Bollen & J. Long (Eds.), *Testing Structural Equation Models* (pp. 294-316). Newbury Park: Sage.
 20. Kempel, P., Gohlke, B., Klempau, J., Zinsberger, P., Reuter, M., & Hennig, J. (2005). Second-to-fourth digit length, testosterone and spatial ability. *Intelligence*, 33(3), 215-230.
 21. Kline, R. (2010). *Principles and practice of structural equation modeling*. New York: The Guilford Press.
 22. Liben, L., Susman, E., Finkelstein, J., Chinchilli, V., Kunselman, S., Schwab, J., et al. (2002). The effects of sex steroids on spatial performance: A review and an experimental clinical investigation. *Developmental Psychology*, 38(2), 236-253.
 23. Linn, M., & Petersen, A. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56(6), 1479-1498.
 24. Lohman, D. (1979). *Spatial ability: A review and reanalysis of the correlational literature* (Vol. 8). Stanford, CA: School of Education, Stanford University.
 25. Lohman, D. (1988). Spatial abilities as traits, processes, and knowledge. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the Psychology of Human Intelligence* (Vol. 4, pp. 181-248). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
 26. Lucas, M., & Koff, E. (2010). Delay discounting is associated with the 2D: 4D ratio in women but not men. *Personality and Individual Differences*, 48(2), 182-186.
 27. MacCallum, R., Browne, M., & Sugawara, H. (1996). Power analysis and determination of sample size for covariance structure modeling. *Psychological Methods*, 1(2), 130-149.
 28. Manning, J., & Leinster, S. (2001). Re: the ratio of 2nd to 4th digit length and age at presentation of breast cancer: a link with prenatal oestrogen. *Breast*, 10, 355-357.
 29. Manning, J., Scutt, D., Wilson, J., & Lewis-Jones, D. (1998). The ratio of 2nd to 4th digit length: a predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Human Reproduction*, 13(11), 3000-3004.
 30. Manning, J., Stewart, A., Bundred, P., & Trivers, R. (2004). Sex and ethnic differences in 2nd to 4th digit ratio of children. *Early Human Development*, 80(2), 161-168.
 31. Manning, J., & Taylor, R. (2001). Second to fourth digit ratio and male ability in sport: implications for sexual selection in humans. *Evolution and Human Behavior*, 22(1), 61-69.
 32. McGee, M. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889-918.
 33. McKeever, W., Rich, D., Deyo, R., & Conner, R. (1987). Androgens and spatial ability: failure to find a relationship between testosterone and ability measures. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 25(6), 438-440.

34. Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*(4), 621-640.
35. Poulin, M., O'Connell, R., & Freeman, L. (2004). Picture recall skills correlate with 2D: 4D ratio in women but not men. *Evolution and Human Behavior*, *25*(3), 174-181.
36. Prieto, G., & Velasco, A. (2010). Does spatial visualization ability improve after studying technical drawing? *Quality and Quantity*, *44*(5), 1015-1024.
37. Puts, D., McDaniel, M., Jordan, C., & Breedlove, S. (2008). Spatial ability and prenatal androgens: meta-analyses of congenital adrenal hyperplasia and digit ratio (2D: 4D) studies. *Archives of Sexual Behavior*, *37*(1), 100-111.
38. Rahman, Q., & Wilson, G. (2003). Sexual orientation and the 2nd to 4th finger length ratio: evidence for organising effects of sex hormones or developmental instability? *Psychoneuroendocrinology*, *28*(3), 288-303.
39. Robinson, S., & Manning, J. (2000). The ratio of 2nd to 4th digit length and male homosexuality. *Evolution and Human Behavior*, *21*(5), 333-345.
40. Roth, S. (1993). Visualization in science and the arts. *Proceedings of Art, Science & Visual Literacy* (pp. 81-85). Pittsburg: International Visual Literacy Association.
41. Sanders, G., Bereczkei, T., Csatho, A., & Manning, J. (2005). The ratio of the 2nd to 4th finger length predicts spatialability in men but not women. *Cortex*, *41*(6), 789-795.
42. Shah, P., & Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, *125*(1), 4-27.
43. Silverman, I., Kastuk, D., Choi, J., & Phillips, K. (1999). Testosterone levels and spatial ability in men. *Psychoneuroendocrinology*, *24*(8), 813-822.
44. Sluming, V., & Manning, J. (2000). Second to fourth digit ratio in elite musicians: Evidence for musical ability as an honest signal of male fitness. *Evolution and Human Behavior*, *21*(1), 1-9.
45. Sorby, S. (2000). Spatial abilities and their relationship to effective learning of 3-D solid modeling software. *Engineering Design Graphics Journal*, *64*(3), 30-35.
46. Thurstone, L. (1948). Primary mental abilities. *Science*, *108*(2813), 585.
47. Thurstone, L., & Thurstone, T. (1941). Factorial studies of intelligence. *Psychometric Monographs*, *2*, 94.
48. van Anders, S., & Hampson, E. (2005). Testing the prenatal androgen hypothesis: measuring digit ratios, sexual orientation, and spatial abilities in adults. *Hormones and Behavior*, *47*(1), 92-98.
49. Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, *47*(2), 599-604.
50. Voracek, M., Pum, U., & Dressler, S. (2010). Investigating digit ratio (2D: 4D) in a highly male-dominated occupation: the case of firefighters. *Scandinavian Journal of Psychology*, *51*(2), 146-156.
51. Wilson, G. D. (1983). Finger-length as an index of assertiveness in women. *Personality and Individual Differences*, *4*(1), 111-112.
52. Yang, C., Gray, P., Zhang, J., & Pope, H. (2009). Second to fourth digit ratios, sex differences, and behavior in Chinese men and women. *Social Neuroscience*, *4*(1), 49-59.

53. 林漢裕、李玉琇 (2010)。空間短期記憶、空間工作記憶與空間能力對圖學表現的影響。《設計學報》，15 (4) ， 1-18。

Lin, H. Y., & Lee, Y. S. (2010). The effects of spatial short-term memory, spatial working memory and spatial ability on performance in engineering graphics. *Journal of Design*, 15(4), 1-18. [in Chinese, semantic translation]

An Investigation into the Relationship between Digit Ratio and Spatial Ability

Han-Yu Lin* Yuh-Shiow Lee** Yuan-Chang Chen*

* Department of Industrial Design, National Kaohsiung Normal University
hanyu@nkn.edu.tw

** Department of Psychology, National Chung-Cheng University
psyysl@ccu.edu.tw

Abstract

Spatial ability plays a key role in many types of reasoning and communication, and is important in domains such as design. Digit ratio is related to a range of cognitive abilities, including spatial ability. In digit ratio studies, most studies are limited by using only one test for spatial ability. The purpose of present study was to investigate which sub-factors of spatial ability were related to digit ratio. We focused on spatial visualization factor, spatial relation factor and perceptual speed factor. It was found that for males, low digit ratio of the left hand was associated with better performance on all three sub-factors of spatial ability. Similarly, low digit ration of right hand in males was related to better performance on two of three spatial factors: the spatial visualization and spatial relation, but not on the perceptual speed factor. For female subjects, no significant correlation with spatial ability was observed on both hands. This study indicates that males with low digit ratio have better spatial ability.

Keywords: Digit Ratio, Spatial Ability, Design.