
淺談空間能力的性別差異與科學、科技、工程及數學類型的職業選擇

陳怡君

國立臺灣師範大學 科學教育研究所

壹、前言

女性在某些專業領域中的人數比例較少，這些領域包含：地質科學、工程、經濟、數學、電腦科學、物理科學等，而在其他的領域（如：心理、生命科學、社會科學）的人數比例則較多(Ceci, Ginther, Kahn&Williams, 2014)。針對這個現象，掀起各方領域、不同觀點的辯論，這樣的辯論至今仍在持續爭論著，也引起科學教育學者的關注。針對「女性在 STEM 的相關從業人員較少」這個現象，最常以認知方面的因素探討起，因為女性在語言類型的測驗表現上，確實常比男性表現好，而空間相關測驗則常比男性為差(Lemos, Abad, Almeida, & Colom, 2013)。在眾多的認知能力當中，「空間能力」(spatial ability)是經常被提起與科學學習有關的能力，多篇長時間調查、大樣本的研究指稱，「空間能力」是學生未來是否選擇科學、科技、工程和數學 (Science, Technology, Engineering, and Mathematics, STEM)作為主修或職業的主要心理特徵(Lubinski, 2010; Wai, Lubinski & Benbow, 2009)。於是，基於以上個別的研究結果，許多教育人員或學者便將這兩個研究的結論連結在一起，認為「女性的空

間能力較差」，而這項因素是造成女性在科學成績上低落，或未能進一步選擇科學研究為職業的主因(Blickenstaff, 2005)。為進一步釐清這個問題，並引發更多的討論，本文將先從「空間能力」的定義及其本質談起，再來簡要介紹「『空間能力』這項認知能力，在男女差異的實證研究上之兩個不同見解：其一是認為男女之間存在著先天(innate)認知上的差異，稱為生物方面(biological)的因素；另一個看法則認為男女差異是由社會文化(socio-cultural)的因素造成的。此外，文獻上有其他研究指出有其他非認知因素造成性別差異，也一併介紹。最後做個綜合性的討論，提供對此議題有興趣的教育者或研究者參考。

貳、空間能力

一、空間能力的定義及組成

「空間能力」一詞的出現起源於 20 世紀初期，當時心理學家們採用因素分析的方法，分析大量的心理測驗後發現，「空間能力」有別於「語言和數字能力」，是獨立存在的一種認知能力(Smith, 1964)。然而，因為這項能力存在的證據源於因素分析的結果，非從一個定義來的，因此針對

空間能力的本質，近一百年來仍尚未有定論(Carrolls, 1993; Eliot & Smith, 1983; Hegarty & Waller, 2006)。然而，會以「空間能力」一詞命名，是因為這些心理測驗的類型及內容多為空間(space)形式的，因此一開始即以「空間」一詞統稱，以方便包含這些多種的測驗型態(Carrolls, 1993)，但是這些測驗的實質內容包含三種不同的型態：1. 搜尋視野內物體的移動狀況，2. 捕捉物體的形式、形狀和位置，3. 在心中形成或者操作某項物體的視覺或空間表徵等(Carrolls, 1993)。

由以上的敘述可知，「空間能力」一詞並非是單一因子而是個複合體，事實上，將大量空間能力形式的心理測驗，以因素分析後的結果也是如此。學者普遍認為空間能力的組成包含多種因子，並且，不同的學者提出的空間因子個數及類別並不完全相同，顯然在空間能力的組成上亦未有共識(Hegarty & Waller, 2006)，表一列出從早期到近期，各個學者提出的因子個數，及各因子所對應的測驗典型(引自Hegarty & Waller, 2006)。此外，空間能力的因子分類上存在另一個問題，即：各個組成因子間的區隔不明確。例如，許多研究發現空間定位(Spatial Orientation)和空間視覺化(Spatial Visualization)兩個因子具有高度相關(Vincent & Allmandinger, 1971; Borich & Bauman, 1972; Goldberg & Meredith, 1975)。在最近一代的學者Carrolls (1993)的研究中，甚至無法複製前人的研究成果，直接刪除空間定位這項因

子。以上這些種種問題的浮現，源於研究者命名的慣例或測驗本身的命名不一致，也暴露探索式因素分析的缺點及極限(Carrolls, 1993; Hegarty & Waller, 2006)。

綜合上述，心理學界雖普遍認為「空間能力」這項認知能力的存在，但對於其本質仍不清楚，對組成因子的個數也仍不一致，對某些空間測驗而言，所屬的空間能力因子亦尚不確定。但目前普遍仍習慣將這些有「空間」(space)屬性的測驗所測得的成績稱為空間能力。基本上，在不同研究同樣使用相同「空間能力」一詞的背後，其所採用的測驗內容不一定相同，運用了許多不同的測驗類型，測得的「能力」亦屬不同的「空間」面向。

二、空間能力的性別差異

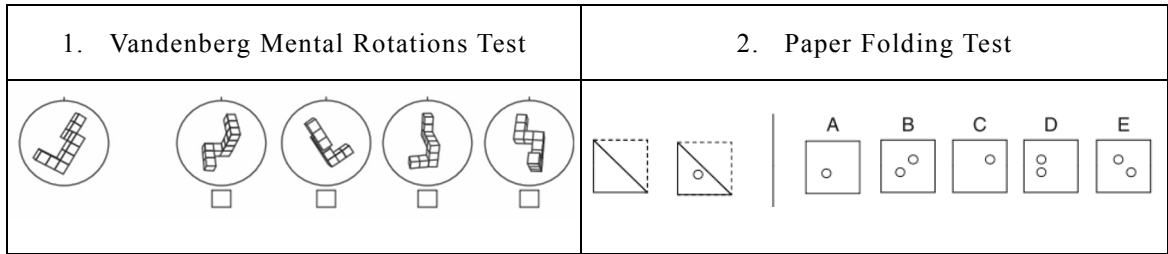
在空間能力這項認知能力上，許多研究確實發現，男生的心智旋轉能力(mental rotation)明顯高於女生許多(Ceci et al., 2014)。心智旋轉的典型的測驗如圖一所示(Vandenberg Mental Rotations Test)，受試者必須旋轉左側的立體積木以辨識右邊四個選項中哪些積木與左側的積木為同一物體。然而，心智旋轉僅為眾多空間能力(測驗)中，屬於空間視覺化因子中的其中一項，而女性並非在所有空間能力測驗的表現上皆為較差。例如，紙張折疊測驗(圖一之 Paper Folding Test，是將一張紙折疊後打洞，受試者必須想像紙攤開之後的樣子，包含孔洞的位置及個數)，雖這項測驗在分類上也屬於空間視覺化(參見表一)，

但在這項任務的表現上，卻未發現顯著的性別差異(Ceci et al., 2014; Harris, Hirsh-Pasek, & Newcombe, 2013)。此外，如先前所述，空間能力的本質是什麼，目前尚未定義清楚，加上並非所有的空間測驗都可

看到性別差異，因此目前無法以籠統的「空間能力」來描述男女之差異，此外，對於什麼原因造成心智旋轉測驗表現上的性別差異也有不同看法。

表一、從早期到近期，各研究者所提出的空間能力的因子(引自 Hegarty 與 Waller, 2006)

文獻	空間能力的因子	各因子所對應的測驗典型
Michael, Guilford, Fruchter, Zimmerman (1957)	1. 空間視覺化 (Spatial Visualization)	Paper Folding, Form Board
	2. 空間關係和定位 (Special Relations and Orientation)	Cube Comparisons Test, Guilford-Zimmerman Orientation, Card Rotations
	3. 動覺想像 (Kinesthetic Imagery)	Hands test
McGee (1979)	1. 空間視覺化 (Spatial Visualization)	Paper Folding
	2. 空間定位 (Spatial Orientation)	Cube Comparisons Test, Guilford-Zimmerman Spatial Orientation
Lohman (1988)	1. 空間視覺化 (Spatial Visualization)	Paper Folding, Form Board, Cube Comparisons Test,
	2. 空間關係(Spatial Relations)	Card Rotations
	3. 空間定位(Spatial Orientation)	Guilford-Zimmerman Spatial Orientation
Carroll (1993)	1. 空間視覺化 (Spatial Visualization)	Paper Folding, Form Board, Cube Comparisons Test, Guilford-Zimmerman Spatial Orientation
	2. 空間關係(Spatial Relations)	Card Rotations
	3. 閉合速度(Closure Speed)	Snowy Pictures
	4. 閉合的靈活性 (Flexibility of Closure)	Hidden Figures
	5. 知覺速度(Perceptual Speed)	Identical Pictures
	6. 視覺記憶(Visual Memory)	Silverman-Eals visual memory task



圖一、空間能力測驗 (引自 Hegarty & Waller, 2006)

參、造成「空間能力之性別差異」原因的爭議

如前言所述，由於許多長期、大樣本的實徵研究成果皆顯示，空間能力是 STEM 從業人員的一項特徵(如：Lubinski, 2010; Wai et al., 2009)，於是，「女性的在 STEM 領域上的從業者較男性為少」的現象，常被認為與「女性空間能力不好」有關，彼此之間亦常互為證據。接下來將簡述文獻上對造成「空間能力（特別是空間旋轉）之性別差異」原因的兩個主要不同看法：生物性因素或社會文化因素。此外，為了平衡陳述，將各選兩篇文獻，一篇正面；另一篇反面為代表，以呈現這個議題直至目前的爭議性。

一、生物性的因素

在先天因素的性別差異上，心智旋轉能力所呈現的性別差異，常認為與胎兒時期所暴露的男性荷爾蒙有關，母體時期的睪固酮(prenatal testosterone)較高，有利男胎兒生存 (Hooven, Chabris, Ellison, & Kosslyn, 2004)，將影響大腦的組織與發育，進而影響個性、對玩具的偏好、認知取向、甚至是未來的職業選擇。在母體時期（產

前的) 睪固酮(prenatal testosterone)的暴露值，常以「食指與無名指長的比例值」為代表，常簡寫為「2D/4D」(或作 2nd: 4th ratio; 2D: 4D)。2D/4D，是「食指長度除以無名指長度」所得的值，數值愈低，也就是無名指的長度相較於食指愈長，則隱含在胎兒時期的睪固酮暴露值較高；雌激素較低，空間能力也較好，如：Manning et al. (2000)的研究顯示，男生在 2D/4D 的平均值比女生的平均值低，並在多數的國家中皆能發現這項的結論。Orel 與 Nye (2015) 在探討「2D/4D 比值與實際職業選擇間的關係」後，發現比值較小的女性在事業上較有進取心。但若把視野放大，在綜合不同領域研究成果後(包含內分泌學、神經科學、社會學、發展心理學、教育、遺傳學、人格、心智旋轉)，Valla 和 Ceci (2011)認為，2D/4D 的假設仍有許多問題存在，例如：各個研究成果並未能一致反應這個效應(如即使工程主修者常被認為需要擁有較好的空間能力，但在某些研究中卻發現未必擁有較低的 2D/4D 數值)、部分研究另外解釋 2D/4D 的意義，認為它決定的是先天的空間「偏好」而非決定最終的「能力」。大體而言，自 1998 年以來

(Manning, Scutt, Wilson & Lewis-Jones, 1998), 2D/4D 的相關研究已累積上百篇, 但 Valla 與 Ceci (2011)認為這類的假設並非以全面性的觀點探討, 於是不足以成為說明女性在數學或科學的職業中人數比例較低的證據。

二、社會文化因素

要完全移除先天的角色, 探討社會文化的因素是較為困難的。一篇刊登在著名期刊的文章, Hoffman, Gneezy 和 List (2011)嘗試移除父系社會的因素後, 發現在空間能力上的性別差異減少, 並且發現, 反而是「教育」能解釋男女差異中近三分之一的效益。另有一類以跨國研究的方式, 探討不同國家, 不同的社會文化底下, 不同主修者的心智旋轉測驗表現及男女差異 (如: Peters, Lehmann, Takahira, Takeuchi, & Jordan, 2006), Peters et al. (2006)的研究顯示, 無論在加拿大、德國或日本的樣本中, 科學主修者的心智旋轉測驗成績確實明顯較非科學主修者高, 且發現心智旋轉成績有顯著的男女差異。

肆、針對女性較少從事 STEM 相關行業現象的非空間能力因素之探討

針對「女性的在 STEM 領域上的從業者較男性為少」的現象, 除了在「空間能力」這項認知能力的探討外, 尚有其他非認知因素的討論, 如: 人生價值、個性、自信、職業興趣...等(Furnham & Buchanan,

2005; Lemos et al., 2013)。例如有許多研究認為「興趣」才是在職業選擇中較為重要的因素(Paˆbler & Hell, 2012; Webb, Lubinski, Benbow, 2002), 對其他領域的更感興趣常是使女性不選擇 STEM 相關領域的理由, 即便是空間能力較佳的女性, 也傾向選擇美術或設計相關、老師或與「人」較為相關的工作(Ceci et al., 2014; Paˆbler & Hell, 2012; Wai et al., 2009)。這樣的結果這可能源於「女性較喜歡與人接觸, 而男性則喜歡操作物體」(“people-versus-things” dimension)這種偏好上的差異(Su & Armstrong, 2009), 如同上節「生物性的因素」中, Valla 與 Ceci (2011)的研究指出, 有學者認為 2D/4D 的值代表的並非能力上的男女差異而是「偏好」。此外, 能力及興趣為中度相關(Paˆbler & Hell, 2012), 兩者的關係是互惠的, 彼此的關係是互相增進的, 也就是說, 愈有興趣則愈會頻繁接觸該領域, 進而能力也隨之增進; 反過來說, 初始能力愈好, 能夠在某領域工作中達到成就感, 而更有興趣進一步學習, 而能力與日漸進, 與他人的差異因而逐漸擴大, 這又稱做滾雪球效應 (snowball effect)(Dickens & Flynn, 2001)。總括來說, 這類研究不把重點著重在空間能力的性別差異, 而認為個性、興趣及偏好...等才是造成女性較不選擇 STEM 相關行業現象的主要原因。

伍、綜合討論

在「女性的在 STEM 領域的從業者較

男性為少」這個議題上，就認知能力方面，雖然整體上女性在語言能力方面勝過男性，但在眾多的空間能力面向中，女性的心智旋轉上的表現確實較男性不佳。而造成此空間能力面向上男女差異的確切原因，究竟是先天的生物因素或是後天的社會文化因素？目前仍有爭議。但是認知心理學家指出，特定領域的專業能力可以經由有目的性、頻繁地學習而增進 (Anderson, 2009; Gagné, Yekovich, & Yekovich, 1993)，許多研究也指出，可以透過教學設計提升或輔助不足之能力。例如，經由數位媒體的輔助，透過動畫表徵幫助低空間能力者，泯除在心智上空間方面的弱勢，達到有效的教學效果，此為「能力補償假說」(ability-as-compensator hypothesis) (Höffler & Leutner, 2011)。許多文獻已證明電腦輔助媒體對女性的效用相對於男性有更顯著的效果 (Falvo & Suits, 2009; Piburn et al., 2005; Sanchez & Wiley, 2010; Taylor & Hutton, 2013)。除了數位媒體的幫助之外，Roberts (2007) 發現，在實際的建築設計工作中，建築師常使用繪畫的方法以將心中想法顯示於外，利用這樣的機制可以抵銷空間能力不佳者在心智上操作空間的弱勢。實際上，近幾年的調查研究也顯示，空間能力的男女差異跟早期比起來，確實正逐漸減小中 (Newcombe & Stieff, 2012)，另一篇近期的回顧型文獻 (Ceci et al., 2014) 亦指出，女性在 STEM 相關職業的人數雖然仍較少，但總比例已提高，顯示有人數增長的趨勢。這些說法支

持了教育的效應的觀點。再者，空間能力與最終 STEM 的職業選擇，雖然在各個長時間調查 (Lubinski, 2010; Wai et al., 2009) 中的研究成果已經非常穩定，但這些研究所呈現的僅是一種相較而來的特徵、特性，並非是線性相關的結果。如：「個人的空間測驗表現成績比語言測驗表現成績較佳者，傾向選擇科學相關職業」，或「科學相關從業人員們的空間能力測驗表現平均值比人文類組者較高」，而非「能力愈好愈傾向選擇科學職業」或是「能力愈高者未來在科學相關職業上的表現亦愈佳」這類相關性的解釋，更遑論進一步解釋為因果關係。例如，有研究顯示，即使女性擁有出色的空間能力，若是語言能力也還不錯，則常不會選擇 STEM 相關的職業 (Ceci et al., 2014; Wai et al., 2009)，而是傾向選擇與人或藝術相關的職業。因此，單單考慮認知能力上的性別差異，顯然不足以解釋男女職業選擇的差異，必須加入其他因素一起來探討。

許多研究提出興趣或持續及專注、熱誠的重要性 (如：Paßler & Hell, 2012; Renzulli, 1978) 更勝於所謂的認知能力，因為 (專業領域) 能力上的不足是可以靠毅力、熱誠、興趣、動機而補足的。但是，又如前述，興趣與能力、偏好又往往是相關的，是個互惠的系統——在一個領域上的成就感與自信，往往會增強一個人的興趣與動力，進而增進個人在從事該領域時所具備的能力。另一方面，起始有較佳的能力，因而能在工作中獲得成就感，增進自

信後花時間投入，而能力亦跟著日益進步。雖然對一件事物的興趣與熱誠不一定完全源自於能力，但不可諱言，能力確實會影響興趣與熱誠，因此，問題又會回歸到認知能力或偏好的男女差異之議題上。總而言之，「女性的在 STEM 領域的從業者較男性為少」的現象，應是包含認知因素（生物性因素或社會文化因素），以及其他因素（個性、自我信心、興趣）間複雜的交互作用。當然各個領域不同的切入觀點的確皆能解釋部分男女差異之原因，但就如同瞎子摸象般，若僅以某個研究觀點斷言結論，則將失去整體的全貌且偏離真實的狀況。如一般大眾的說法：「空間能力不好，所以無法從事科學相關職業」這樣的說法過於簡約，不甚正確。

陸、結語

探討「女性的在 STEM 領域的從業者較男性為少」這個現象的意義，恐怕不在給予一個決斷性的解答，因此讀者們不需對這個最終的複雜結論感到失望。多元的討論、各方觀點的爭辯與探討更加能釐清事情原本的整體樣貌，而非經由狹隘的單一觀點做武斷的結論。在實用層面，無論是第一線的教師或為人父母者皆能經由這些討論的過程啟發現實中的應用作法。在這些複雜因子的交互作用下，最終的訴求不在力求男女在 STEM 相關領域的比例必須達到各半，因為齊頭式的平等並非平等，但大眾至少能做到的是，不分性別給予公平的同等對待、尊重每個孩子的選

擇、提供適當的教育輔助、不妄下武斷或刻板的結論，此為作者撰寫此文的最主要目的與意義。

參考文獻

- Anderson, J. (2009). *Cognitive psychology and its implication*. NY: Worth Publishers.
- Blickenstaff, J. C. (2005). Women and science careers: leaky pipeline or gender filter? *Gender and Education*, 17(4), 369-386. doi:10.1080/09540250500145072
- Borich, G. D., & Bauman, P. M. (1972). Convergent and discriminant validation of the French and Guilford-Zimmerman spatial orientation and spatial visualization factors. In *Proceedings of the Annual Convention of the American Psychological Association*. Vol. 7 (pt. 1) (pp. 9-10)
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: a survey of factor-analytic studies*. Cambridge; New York: Cambridge University Press.
- Ceci, S. J., Ginther, D. K., Kahn, S., & Williams, W. M. (2014). Women in Academic Science: A Changing Landscape. *Psychological Science in the Public Interest*, 15(3), 75-141. doi:10.1177/1529100614541236
- Dickens, W. T., & Flynn, J. R. (2001). Heritability estimates versus large environmental effects: the IQ paradox resolved. *Psychological review*, 108(2), 346.
- Eliot, J., & Smith, I. M. (1983). *An international directory of spatial tests*. Windsor, England: NFER/Nelson; and Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press.
- Falvo, D. A., & Suits, J. P. (2009). Gender and spatial ability and the use of specific labels and diagrammatic arrows in a micro-level chemistry animation. *Journal of Educational Computing Research*, 41(1), 83-102. doi:10.2190/EC.41.1.d

- Furnham, A., & Buchanan, T. (2005). Personality, gender and self-perceived intelligence. *Personality and Individual Differences*, 39(3), 543-555. doi:10.1016/j.paid.2005.02.011
- Gagné, E. D., Yekovich, C.W., & Yekovich, F. R. (1993). *The cognitive psychology of school learning* (2nd ed.). New York, NY: Harper-Collins.
- Goldberg, J., & Meredith, W. (1975). A longitudinal study of spatial ability. *Behavior Genetics*, 5, 127-135.
- Harris, J., Hirsh-Pasek, K., & Newcombe, N. S. (2013). Understanding spatial transformations: similarities and differences between mental rotation and mental folding. *Cognitive Processing*, 14(2), 105-115. doi:10.1007/s10339-013-0544-6
- Hegarty, M. & Waller, D. (2006). Individual differences in spatial abilities. In P. Shah & A. Miyake (Eds.). *Handbook of Visuospatial Thinking*. (pp.121-169). Cambridge University Press.
- Höffler, T. N., & Leutner, D. (2011). The role of spatial ability in learning from instructional animations - Evidence for an ability-as-compensator hypothesis. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 209-216. doi:10.1016/j.chb.2010.07.042
- Hoffman, M., Gneezy, U., & List, J. A. (2011). Nurture affects gender differences in spatial abilities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(36), 14786-14788. doi:10.1073/pnas.1015182108
- Hooven, C. K., Chabris, C. F., Ellison, P. T., & Kosslyn, S. M. (2004). The relationship of male testosterone to components of mental rotation. *Neuropsychologia*, 42(6), 782-790. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2003.11.012
- Lemos, G. C., Abad, F. J., Almeida, L. S., & Colom, R. (2013). Sex differences on g and non-g intellectual performance reveal potential sources of STEM discrepancies. *Intelligence*, 41(1), 11-18. doi:10.1016/j.intell.2012.10.009
- Lubinski, D. (2010). Spatial ability and STEM: A sleeping giant for talent identification and development. *Personality and Individual Differences*, 49(4), 344-351. doi:10.1016/j.paid.2010.03.022
- Manning, J. T., Scutt, D., Wilson, J., & Lewis-Jones, D. I. (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.
- Manning, J. T., Barley, L., Walton, J., Lewis-Jones, D. I., Trivers, R. L., Singh, D., . . . Szwed, A. (2000). The 2nd : 4th digit ratio, sexual dimorphism, population differences, and reproductive success: evidence for sexually antagonistic genes? *Evolution and Human Behavior*, 21(3), 163-183. doi:10.1016/s1090-5138(00)00029-5
- Newcombe, N. S., & Stieff, M. (2012). Six Myths About Spatial Thinking. *International Journal of Science Education*, 34(6), 955-971. doi:10.1080/09500693.2011.588728
- Nye, J. V. C., & Orel, E. (2015). The influence of prenatal hormones on occupational choice: 2D: 4D evidence from Moscow. *Personality and Individual Differences*, 78, 39-42.
- Paßler, K., & Hell, B. (2012). Do Interests and Cognitive Abilities Help Explain College Major Choice Equally Well for Women and Men? *Journal of Career Assessment*, 20(4), 479-496. doi:10.1177/1069072712450009
- Peters, M., Lehmann, W., Takahira, S., Takeuchi, Y., & Jordan, K. (2006). Mental rotation test performance in four cross-cultural samples (N=3367): Overall sex differences and the role of academic program in

- performance. *Cortex*, 42(7), 1005-1014.
doi:10.1016/s0010-9452(08)70206-5
- Piburn, M. D., Reynolds, S. J., McAuliffe, C., Leedy, D. E., Birk, J. P., & Johnson, J. K. (2005). The role of visualization in learning from computer-based images. *International Journal of Science Education*, 27(5), 513-527.
doi:10.1080/09500690412331314478
- Renzulli, J. S. (1978). What makes giftedness? Reexamining a definition. *Phi Delta Kappan*, 60(3), 180.
Educational Excellence. Mansfield Center, Connecticut, USA: Creative Learning Press.
- Roberts, A. S. (2007). Predictors of future performance in architectural design education. *Educational Psychology*, 27(4), 447-463.
doi:10.1080/01443410601104361
- Sanchez, C. A., & Wiley, J. (2010). Sex differences in science learning: Closing the gap through animations. *Learning and Individual Differences*, 20(3), 271-275.
doi:10.1016/j.lindif.2010.01.003
- Smith, I. M. (1964). *Spatial ability: Its educational and social significance*. San Diego, CA: Robert P. Knapp.
- Su, R., Rounds, J., & Armstrong, P. I. (2009). Men and things, women and people: A meta-analysis of sex differences in interests. *Psychological Bulletin*, 135, 859-884.
- Taylor, H. A., & Hutton, A. (2013). Think3d!: Training Spatial Thinking Fundamental to STEM Education. *Cognition and Instruction*, 31(4), 434-455.
doi:10.1080/07370008.2013.828727
- Valla, J. M., & Ceci, S. J. (2011). Can Sex Differences in Science Be Tied to the Long Reach of Prenatal Hormones? Brain Organization Theory, Digit Ratio (2D/4D), and Sex Differences in Preferences and Cognition. *Perspectives on Psychological Science*, 6(2), 134-146.
doi:10.1177/1745691611400236
- Vincent, W. J., & Allmandinger, M. F. (1971). Relationships among selected tests of spatial presentation ability. *Journal of Motor Behavior*, 3(3), 259-264.
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative. *Journal of Educational Psychology*, 101(4) 817-835.
- Webb, R. M., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2002). Mathematically facile adolescents with math/science aspirations: New perspectives on their educational and vocational development. *Journal of Educational Psychology*, 94, 785-794.