

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

女性科學學習的觀念雛形、認知歷程及社會影響的動態歷程研究--總計劃及子計畫三：演繹邏輯思考的萌芽、學習、發展與兩性差異 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：整合型

計畫編號：NSC 96-2629-S-033-001-

執行期間：96年11月01日至97年10月31日

執行單位：中原大學心理學系

計畫主持人：林文瑛

計畫參與人員：碩士級-專任助理人員：林慧慈

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中華民國 98年01月24日

演繹邏輯思考的萌芽、學習、發展與兩性差異

(三年期整合計畫子計畫之第一年成果報告)

林文瑛 (中原大學心理學系)

王震武 (佛光大學心理學系)

史偉民 (佛光大學哲學系)

沈享民 (東吳大學哲學系)

緒論

科學教育與科學思考

科學教育的目的不只是在教導科學知識，更重要的目標是，讓學生具備科學思考(scientific thinking)能力，以促進民主社會的進步 (Longbottom & Butler, 1999)。這樣的說法並不是在誇大科學教育的重要性，事實上，所謂科學思考雖然主要指的是針對科學內容(例如，物理學中的「力」、進行典型科學活動(例如，設計實驗)或形成特定科學假說(例如，「火星上是否有生物」)時所使用的推理歷程(Dunbar & Fugelsang, 2005)，然而因為科學思考的內容事實上包含的盡是我們在進行非科學活動時也必須使用到的思考歷程，例如，演繹、歸納、類比、問題解決、因果推論等等，因此，如果希望民主社會中大多數的公民能夠具備獨立思考、理性判斷的能力，讓社會發展出能反省、能改變的內在體質，在科學教育中，科學思考的重要性可能比起科學知識還要來得重要。

當然，科學教育的另一個主要目的是在培養科學家，那麼培養學生具備科學家的思考方式自然也是科學教育的重要目標。Kuhn 認為科學家的思考方式就是能夠「整合理論與證據」(“the coordination of theories and evidence”)的思考能力(Kuhn, 1989, p. 674)。因為科學之所以為科學，就是所有的科學理論都必須面對任何具潛在可能性的證據之挑戰，同樣的，所有的科學「現象」都會有一個或多個理論想要解釋它。因此，科學教育的目標是要教導學生學習如何像科學家般發展出新理論，如何處理與自己的理論不一致的訊息，如何在兩個對立的理論中作選擇(Brewer & Mishra, 1998, p.744)。這種科學思考方式不僅是成為科學家的必要條件，而且能夠幫助我們在日常生活中懂得如何蒐集證據、評估證據，並產生理論來解釋這些證據(Crowley, Callanan, Jipson, Galco, Topping, & Shrager, 2001)。因此，即使最終學生沒有成為科學家，在知識爆炸的現代，真知識與假訊息到處漫流，科學思考方式顯然會有助於他們懂得如何判讀訊息，知道根據什麼作選擇，成為有效能的現代人。

由於成熟的科學心智或科學思考方式並非人所能自然發展出來，而是必須經過學習的歷程才能臻於成熟的(Evans, 2005; Kuhn, 1989)，因此，要談科學教育，除了學科知識的學習歷程之外，從心理學的角度談探討科學思考的萌芽、學習與發展，自然也是十分重要而且有意義。

從兩性差異的角度看科學思考

此外，科學教育上一個令人矚目的爭議是：兩性在科學學習表現上的差異。國

外的調查顯示，無論是科學領域的工作，或是大學院校中科學領域的科系，女性所佔比例長久以來都顯著偏低（Devine, 1992；Meece, Parsons, Kaczlla, Goff, & Fetterman, 1982；Wilson & Boldizar, 1990），根據最近 OECD 的調查，儘管大部分 OECD 國家的大學中，超過半數是女生，然而獲得理工學位的女生只佔 30%（OECD, 2006）。同樣的，國內的統計資料也顯示，台灣高等教育中科技類科系的性別比例，1996 年為男生 66.35%、女生 33.65%，2006 年為男生 68.0%、女生 32.0%，十年來一直都是男生較佔優勢（教育部，2007）。這種科學表現上的差異，以往許多研究都著眼於兩性在物理、數學等相關學科能力（例如，Lauzon, 2001；Spencer, Steele, & Quinn, 1999）、認知能力（例如，Geiger & Litwiller, 2005；Robert & Savoie, 2006），或興趣、經驗上的差異（例如，Buldu, 2006；Hyde, Fennema, & Lamon, 1990；Johnson, 1987；Weinburgh, 1995），因此很容易陷入「先天—後天、生理—社會」的爭議。不過最近的研究顯示，兩性在基本認知能力上並無先天上的差異（Spelke, 2005），因此，兩性在科學學習表現上的差異除了可以從傳統的歷程（process）角度提出解釋外（Khan, 1999），顯然也可以從性別偏向（disposition）的角度來思考，例如，Miller 等人的研究有幾個有趣的發現：（1）同樣是主修理工，女生比男生更強調學科的人際層面（people-oriented aspects）；（2）在科學學門裡，女生最感興趣的是生物；（3）女生想學習科學的理由通常不是對科學感興趣，而是因為進入醫療領域須要科學背景；（4）女生認為科學家的生活方式沒有魅力，因此不想學科學（Miller, Blessing, & Schwartz, 2006）。

如果從這樣的角度來看男生優於算數推理（arithmetic reasoning）（Halpern, 1997；Hyde et al., 1990），而女生優於計算（computational skills）（Halpern, 2004）的性別偏向，則探討兩性在思考或認知上是否有性別偏向，以及此種思考偏向是否影響科學學習，從而是兩性在科學學習表現上出現差異的可能原因，自然是必要而且重要。本研究從一個有別於以往研究的角度，想要探討男女學生在科學表現上的差異是否與科學思考有關，特別是，如果研究顯示男生優於推理，則這種優勢能力是從什麼時候開始顯現的？又是什麼樣的認知因素造成這種差異？自然是值得深入探究的。例如，是否女生比較注意語文意涵，而男生比較注意規則，使得男生比較容易掌握語文背後的邏輯規則？或者，是否女生比較注意因果關係，男生比較注意形式關係，也因此女生會出現比較多的因果偏誤？等等，這些都是值得檢驗的假說，也能夠為探討科學學習表現的兩性差異議題，提供一個新的研究方向，為兩性的科學教育注入新觀點。

科學思考與演繹邏輯思考

科學思考的內容究竟應該是什麼，從較巨觀的角度看，可以是問題解決、可以是假說檢定，也可以是因果推理、類比推論，或者是歸納推理等思考類別（Dunbar & Fugelsang, 2005）；從微觀的角度看，則科學思考方式包含如何區辨理論與證據（區辨哪些是個人主觀的看法，哪些是客觀的事實）（Kuhn, 1989），以及更基礎的，區辨假說信念與偏好信念（區辨哪些是與事實有關，因此可以用事實加以檢驗的信念；哪些是關於個人偏好的信念，無所謂真假對錯）（Flavell, Flavell, Green, & Moses, 1990）等思考元素。所有這些心智活動，如果不是科學推理（scientific reasoning）的基礎，就是科學推理的一部份。同時，科學活動的主要目的若不是要產生理論，

就是要評估理論，而無論是要形成假說，或要評估證據，所依賴的思考方式基本上都是推理 (reasoning)。以 Rips (1998) 的話來說，推理是產生特定信念或接受特定信念的推論 (inferring) 過程，也是信念間一種特別的關係——接受 (或拒絕) 一種信念使得另一信念被接受 (或被拒絕) ”...a relation that holds when accepting (or rejecting) one or more beliefs causes others to be accepted (rejected)” (Rips, 1998, p.29)。根據這樣的分析，科學思考的本質就是推理歷程。

誠然，思考上的推理到底是總加起來只有一種，還是可分成幾類，依學者而有不同見解，有學者主張所謂推理，就是依據特定法則思考的基本而普遍性的歷程，有學者主張可分成演繹推理 (deductive reasoning) 與歸納推理 (inductive reasoning) 兩大類，但是也有學者認為推理可以分成多類，例如演繹、機率 (probabilistic)、類比 (analogical)、因果 (causal) 推理等等 (Rips, 1990, p.326)。由於本研究是從科學教育的角度出發，因此並不打算陷入推理定義或分類之爭議，而是從科學思考的本質出發，以 Popper (1962) 所定義的「科學推理」(scientific reasoning) 為基本立場，以演繹邏輯 (hypothetico-deductive method) (引自 Deloache, Miller, & Pierrousakos, 1998, p.836) 作為科學思考的核心內容，因為，對於許多思考心理學者而言，所謂推理指的就是演繹推理 (“...deductive thinking...most often equated with reasoning”) (Manktelow, 1999, p.2)；而對於許多教育心理學者而言，課堂上要能有效進行科學教育，學生必須具備基本的演繹推理能力 (O'Donnell, Reeve, Smith, 2007, p.296)。

原則上，演繹推理指的是，從已知的命題推出有效的結論 (valid conclusion) ——不論這些已知的命題在事實上是真 (true) 是假 (false)。假如已知的命題 (稱為前提，premises) 為真，則透過有效的推理推得的結論亦必為真。相對來說，歸納推理不能從已知的前提推出有效的結論，只能從已知為真的前提推出可信的結論 (plausible conclusion)。一個可信的結論是一個相當可能為真的結論，卻不保證它必為真。簡單的說，有效的演繹推理幫助我們確定真相、判斷特定結論是否可信，而歸納推理則是用來增強或減弱我們對某特定結論的信心。對科學家而言，這兩類推理都是必要的，因此要探討科學思考的萌芽與發展，這兩種推理能力的發展歷程與發展機制，必然是最重要的主題，這也是本整合計畫中會有兩個研究分別探討這兩種推理歷程的發展之原因。

演繹邏輯思考的心理學研究

心理學四十多年來在演繹推理上的研究可謂汗牛充棟 (參見 Evans, Newstead, & Byrne, 1993 的回顧)，然而，心理學家之所以如此重視演繹推理並非著眼於科學教育，而是因為幾乎大部分的認知科學家 (cognitive scientists) 都認為，演繹推理能力基本上就是人類智力的核心 (Evans, Handley, Harper, & Johnson-Laird, 1999)。儘管出發點不同，心理學家幾十年來在演繹推理方面的研究，對於我們理解科學思考的本質與歷程，依然提供了相當豐富的理論觀點與明晰的重點方向。

無論演繹或歸納推理都依賴某些或隱或顯的推論規則 (inference rules)，來進行推論、引導推論歷程、控制相關的推論機制 (Holland, Holyoak, Nisbett, & Thagard, 1986)。假如推論所依循的規則是正確的演繹邏輯法則，所得的推論便是演繹上有效

(deductively valid) 的推論。因此，正確的演繹推理是，「依循演繹邏輯法則，從前提推出有效結論」的推理歷程。它的關鍵在於「演繹邏輯法則」。一個推論即使是從假的 (false, 與事實不符的) 前提推出假的結論，只要它依循演繹邏輯法則，便是演繹上有效的 (valid) 推論。反過來說，即使前提與結論均為真 (true, 是事實)，只要結論在邏輯上不蘊含於前提之中，它就是演繹上無效的 (invalid) 推論。因此，演繹推理講究的是推理的邏輯形式 (logical form)，而非前提與結論的真假。演繹邏輯法則表現於有效的邏輯推論形式中，而非個別前提與結論的關係中，也非前提與結論的內容中。

舉例來說，邏輯教科書上最典型的演繹推理範例，是如下的三段論式 (syllogism): 「人皆會死 (若 p 則 q)，蘇格拉底是人 (p)，因此蘇格拉底會死 (q)」，這個論題 (argument) 的結論是有效的，因為整個論題具有一個有效的推論的邏輯形式。如果我們用「神仙」來代替其中的「人」，用「壽星」來代替「蘇格拉底」，會得到下列論題：「神仙皆會死，壽星是神仙，因此壽星會死」，這論題所得到的結論雖然看似荒唐，卻依然是演繹上有效的論題，因為我們沒有改變論題的邏輯形式。

心智邏輯 (mental logic) 或心智模式 (mental model) 的爭議

演繹推理邏輯是一門專門的學問，自亞里斯多德以降，已經發展了兩千多年，成了一門嚴謹的知識體系，然而，至少有近十種以上的演繹推理規則是絕大多數人在未經特別訓練 (未修邏輯課) 的狀況下，就自然會使用的規則 (Braine, Reiser, & Rumain, 1984, 引自 Rips, 1990, p.331)，因此有一派思考心理學者主張，人類有一套天然的心智邏輯 (mental logic) 可供應用 (Braine, 1978, 1998; Braine & O'Brien, 1991; Braine, Reiser, & Rumain, 1984; Rips, 1983, 1994a)，這一派學者被稱為「心智邏輯」論的擁護者。

「心智邏輯」的想法當然蘊含：一般人的思考大體上會遵循邏輯法則。可惜的是，更多的證據告訴我們，一般人對邏輯法則的掌握，其實是相當有限的，因而常出現系統性的錯誤 (Evans, 1989)。一般人的推理不但受論題的邏輯形式之影響，也受論題的具體內容的影響。例如，針對「凡有馬達者皆須用油，汽車須用油，所以汽車有馬達」與「凡有馬達者皆須用油，喔普羅須用油，所以喔普羅有馬達」這兩個論題，Markovits & Nantel (1989) 發現，在評估作業 (evaluation task) 中，相對而言，受試者比較可能評定前者是有效的推論，對後者則較無這種傾向。同樣的，在要求受試者根據這兩論題的前提自行推出結論的自行推論作業 (production task) 中，受試者也較可能推出如前者的結論。

顯然，這兩個論題具有完全相同的邏輯形式，都是一種無效推論的形式，他們的差異僅在於，「喔普羅」這個無意義的字眼取代了有意義的「汽車」。換句話說，「汽車」這個字的意義妨礙了受試者的推理。由於結論「汽車有馬達」符合我們平常對於「汽車」的信念，它是一個真的命題，卻因此讓我們傾向於相信它得自於「有效的」推論。反過來說，由於「喔普羅有馬達」的結論對一般人而言是一個無法斷定真假的命題，因此不會出現前述的思考偏誤。心理學家將一般人這種傾向於把符合既有信念的命題，視為邏輯上正確推論的結果之系統性偏誤現象，稱為「信念偏誤」 (belief bias) (Evans, Barston, & Pollard, 1983; Markovits & Nantel, 1989; Oakhill &

Johnson-Laird, 1985; Oakhill, Johnson-Laird, & Garnham, 1989; Revlin, Leirer, Yopp, & Yopp, 1980)。

信念偏誤的現象雖然讓人懷疑人是否真的擁有天生的心智邏輯，但是對心智邏輯論構成更大挑戰的，是許多研究顯示，人的推理能力到了成人還是相當有限，例如：(1)人類的推理過程常違反某些邏輯法則(Evans, 1977; Markovits, 1988; Wildman & Fletcher, 1977); (2)在某些情況下，多數人沒有能力正確地評估邏輯推論的有效性(Evans, 1977; Pollard & Evans, 1980); (3)在完全抽象的論證中，多數人表現出十分貧乏的邏輯推理能力(Wason, 1960, 1966, 1968; Wason & Johnson-Laird, 1972)。以 Peter Wason (1966) 有名的卡片選擇作業 (selection task) 為例，只有不到 10% 的大學生受試者翻閱了正確的卡片。

Peter Wason 原先認為這是一種肯定偏誤 (confirmation bias) (Wason & Johnson-Laird, 1972)，是一種傾向於尋找能肯定既有命題的偏差反應，這類反應由於不能用以否證既有命題，因此不構成對既有命題的檢驗。然而，有趣的是，雖然一般人在 Wason 的選擇作業上表現很差，但是同樣型態的推理作業，如果不是關於字母、偶數等抽象符號的推理，而是關於具體的、現實的或有意義的事物之推理，就會有截然不同的表現。以 Johnson-Laird 等人 (Johnson-Laird, Legrenzi, & Legrenzi, 1972) 的實驗為例，實驗者要受試者假想自己是郵務人員，正在檢查郵件有沒有違反如下的郵務規則：「密封的信件必須貼足五元郵票。」這個作業與前述的四張卡片選擇作業有完全相同的形式，但是受試者在這個作業上的正確反應率卻達 81%，有趣的是，同一組受試者在前述的四張卡片選擇作業上，還是只有 15% 的正確率。同樣的，在另一個研究中，受試者須假想自己是警察，要檢查「必須年滿 19 歲才能喝酒」的規定有沒有被違反，在這個情況下，對於兩面各寫有年齡與飲料名稱的四張卡片，有 72% 的受試者做了正確反應；然而同一批受試者在 Wason 的「字母—數字」標準選擇作業中，竟然無人答對 (Griggs & Cox, 1982, 引自 Rips, 1994b, p.156)。

針對上述的研究結果，Cheng 與 Holyoak (1985) 提出實用推理基模 (pragmatic reasoning schemas) 理論來加以解釋。他們主張，我們會從某些情境的日常經驗中，歸納出抽象的知識結構 (也就是基模)，以便應用於類似的情境中，例如，從「許可」、「義務」、「因果關係」等情境的經驗中，歸納出許可基模 (permission schema)、義務基模 (obligation schema)、因果關係基模 (causation schema) 等抽象知識結構。這些基模都包含「在某類情境下達成某個目標」的行動準則。以許可基模為例，該基模適用於「在某些前提下才允許某種做法」的情境，例如，「允許信件密封」、「允許喝酒」等情境。

與實用推理基模論一樣，也否定人擁有心智邏輯的是「心理模式」論 (mental model theory) (Johnson-Laird, 1983; Johnson-Laird & Byrne, 1991; 最新的版本見 Johnson-Laird, 2005)。這一派的學者主張，未受邏輯訓練的人會 (而且只會) 就論題內容去進行推理。換句話說，推理是建基於推理者對命題語意內容的瞭解上。心理模式論假設，推理者會根據命題的語意設想符合這些語意的可能狀況，然後檢查這些可能狀況，看看能得出什麼暫時性結論。接著，他會進一步思索其他可能跟結論矛盾的狀況，如果想不出這種狀況，就認定暫時性結論是有效結論，否則，就認

定它是無效的。

理論爭議的教育意涵

上述這些關於邏輯思考的理論爭議雖然一時之間尚無解決的跡象，卻能對科學教育產生啟發。因為，如果心智邏輯論者是對的，那麼我們要問的是，這些心智邏輯發展到科學啟蒙教育的前夕，是否已經成熟到可以接受科學教育？反過來說，如果實用推理基模論或心理模式論是對的，從科學教育的角度來看，我們更要問：小學低年級的兒童已經發展出哪些推理基模可供學習科學之用；或問：兒童的心理模式已經複雜到可以處理怎樣的科學思考？更重要的也許是：如果後兩者之一才是正確的理論，那麼我們的科學教育是不是該改變教育內容與方法，比如先教邏輯推理，再教科學知識；或配合兒童的思考模式，以心理模式式的推理型態來教導科學思考？所有這些都指出，釐清兒童學科學前的思考方式與能力，對於科學教育是極為重要的。

從發展的角度看演繹邏輯思考

從發展的觀點探討演繹推理的研究，首推 Piaget 學派 (Piaget, 1972; Inhelder & Piaget, 1958)，探討的重點主要是釐清演繹邏輯能力是否為形式運思期 (formal operational stage) 的關鍵思考特徵，他們相信，只有到了青少年期，進入形式運思期，才有可能真正掌握邏輯形式。具體運思期的兒童即使能夠推理，也只表現在具體內容的推理情境，對於與事實不一致的推理 (counterfactual reasoning) (Spellman, Kincannon, & Stose, 2005)，或抽象內容的推理問題 (Moshman, 1990; Overton, Ward, Black, Noveck, & O'Brien, 1987; Markovits, 1993)，就無法有穩定的推理表現。

Markovits 和他的同僚則在闡明推理機制上下功夫 (Markovits & Barouillet, 2002; Markovits, Fleury, Quinn, & Venet, 1998)，他們認為推理能力的發展和其他認知功能 (例如，訊息處理速度、工作記憶，以及長期記憶等等) 的發展有密切的關連。換句話說，兒童的推理表現主要決定於他們的語意記憶 (semantic memory) 與慣用條件式陳述 (familiar conditional statements) 的連結強度。他們以條件句作為主要的實驗材料，發現前件 (antecedent) 與後件 (consequent) 的連結強度對兒童視陳述為條件句 (conditional) (若...則...) 或雙條件句 (biconditional) (若且唯若...則...) 有決定性的影響。在經驗記憶中與後件相關的替代前件 (alternative antecedent) 越多，將條件句視為雙條件句的現象就會減少。反之，記憶中如果只有前件是唯一與後件相關的事件，連結強度很強，就會成為後件的唯一原因。由於經驗記憶與知識會影響替代前件的形成，因此，隨著經驗的增多以及年齡的增長，這種因果偏誤 (causal bias) 會減少 (Thompson, 1994, 2000)。

前面已經特別強調，演繹邏輯法則表現於有效的邏輯推論形式中，而非個別前提與結論的關係中，也非前提與結論的內容中。然而前述的研究結果卻顯示，兒童會特別關心前提與結論的關係，尤其是因果關係；也會特別注意內容或結論是否合乎既有的信念。因此，綜合上述相關研究，從發展的角度，我們可以得到如下的結論：(1) 由於兒童對於前件與後件的語意理解會影響他們推論上的正確性，兒童在推理歷程中的信念偏誤會比成人明顯。(2) 兒童對因果形式與非因果形式條件句之判斷會因經驗與知識而不同。(3) 兒童對與事實相反的命題或抽象命題無法作正確

的推理。不過更重要的是，(4) 兒童必須經過正式的推理訓練才有可能真正掌握邏輯思考法則，減少偏誤。

推理作業的問題——條件句推理

根據歷來的研究典範，可用以研究演繹推理的作業，可以是嚴謹的三段論式作業，也可以是隱含三段論式的日常推理作業；可以是抽象的條件句推理作業，也可以是情境作業 (Manktelow, 1999)。然而，作業型態的選擇，自然是要隨研究目標而異，關鍵在於要研究的是怎樣的推理歷程。因為同一個推理作業，也許會涉及不同的思考歷程，不同型態的推理作業，也可能反映相同的推理歷程。以 Peter Wason (1966) 有名的選擇作業 (selection task) 為例，由於這個作業要求受試者選擇幾張卡片加以翻閱，因此，在形式上，它是個選擇作業，或決策作業。然而，該作業的目的卻是要受試者評估某個具條件句形式的命題 (「凡母音字母的背面必是偶數」，意即：「若為母音字母，則其背面為偶數。」) 是否為真，因此，又是個邏輯作業。不過，近半世紀以來，在推理研究的領域裡，此一作業絕少被視為決策作業，幾乎完全被視為邏輯作業。這樣的現象導致的啟示顯然是，作業的型態不是關鍵，實驗者觀察的思考形態才是關鍵。

於是，對於關心科學教育的人而言，接下來的問題自然是：怎樣的推理形態才是我們應該仔細觀察的推理形態？由於科學推理基本上是關於因果的推理，因此，科學思考上處理的命題大體上會有「若什麼因，則有什麼果」的條件句形式。而科學研究的工作，基本上也是「若理論 A 預測 B 成立，而 B 不成立，則 A 為假。」的條件句推論形式 (Popper, 1959)。這樣看來，要針對科學教育的需要去觀察兒童的演繹邏輯推理，應該優先觀察的自然就是條件句推理。

事實上，由於用以研究邏輯推理的論題型態，常可以轉換為真值上等值的其他邏輯形式，因此雖然演繹推理涵蓋許多不同的推理形式，他們有許多卻可以用條件句的推理來取代。比如說，「所有的狗都是動物，所有的吉娃娃都是狗，因此，所有的吉娃娃都是動物。」此一論式是所謂的範疇三段論式 (categorical syllogism)，卻可以轉換成等值的條件句論式：「若一物是狗則它是動物，吉娃娃是狗，所以，吉娃娃是動物。」同樣的，條件句「若 p 則 q」，也可以翻成等值的「非 p 或 q」。據此，本研究的推理作業便以條件句作為標準形式。

兒童演繹推理上的幾個觀察重點

然而，本研究要觀察的卻不是：兒童是否擁有成熟的條件句推理能力？因為某些條件式推理連許多成年人都感困難。換句話說，他們與生俱來的心智邏輯可能尚未發展到那個地步；或者因為他們尚未發展出可用的實用推理基模；乃至於他們的工作記憶容量尚不夠大，不足以讓他們用心理模式去做條件式推理。因此，真正需要觀察的是：他們是不是擁有某種條件式推理或其他演繹推理能力的雛形？或者，他們是不是至少擁有這些推理能力所需的某些先備條件，讓他們得以在這個基礎上發展出演繹推理能力？以及，當他們運用這些雛形能力或先備條件進行推理時，會表現出哪些邏輯思考上的弱點？乃至於，這些邏輯思考上的弱點是否顯現了初步的性別思考偏向？

研究兒童演繹推理的方法問題

為了配合兒童的認知與語言基礎，在研究兒童演繹推理時，研究者通常會嘗試使用許多能引發動機，且容易理解的方式來呈現推理問題。以往的研究基本上有三種研究方式，第一種是將成人的三段論法直接套入兒童能理解的條件句文字型態 (written form)，例如，「假如這是九號教室，那麼這是四年級。這是九號教室，因此這是四年級。」然後問兒童這個結論是「一定對」、「一定不對」，還是「有可能對也有可能不對」(Shapiro & O'Brien, 1970)。第二種則是以具體情境為作業型態 (task form)，例如，實驗者呈現一個玩具房屋給兒童看，上面有電燈、有開關，有電鈴，然後問兒童關於：「假如電燈亮，電鈴會響。」的推理條件句 (Ennis, Findelstein, Smith, & Wilson, 1969)；或者實驗者跟兒童玩遊戲，說明遊戲規則是：「如果我畫紅珠珠，你就畫紅櫃臺。」然後問兒童，「我畫黃珠珠，你畫紅櫃臺，有沒有違反遊戲規則？」(Peel, 1967) (引自 Kuhn, 1977, p.344)。第三種則是綜合上述兩種方法，以情境輔助理解，推理問題還是用語言進行。例如，Inhelder 與 Piaget 的研究，他們給兒童五個紅色方形積木跟兩個藍色方形積木，然後看兒童能否理解下列論題是有效論證 (Inhelder & Piaget, 1964)：

所有的紅色積木都是方形 (p, q)

藍色積木 (~p)

藍色積木是方形 (q)

至於兒童的反應方式，到底該用評估作業 (evaluation task)，還是自發性產出作業 (production task) 型態，也是必須考慮的問題。在標準演繹推理作業中，要判斷的是，不論前提的真假，根據前提，結論是否有效 (valid)。但是日常一般推理要判斷的通常是，若前提為真，結論是否「可能」，或是否「必然如此」(Evans et al., 1999)。因此在傳統研究中，無論要受試者評估結論的有效性，或要受試者回答有效結論為何，對兒童而言都不是自然的反應方式。

綜合上述三種問題呈現方式與兩種反應方式，Kuhn (1977)認為情境式的評估方式較自然，也較適合具體運思期的兒童。同時，由於兒童無法回答大量的紙筆題目，因此，Kuhn (1977)也建議以口語描述配合圖片說明，然後要兒童就結論選擇「一定是這樣」、「不一定是這樣」或「一定不是這樣」作反應。基於上述研究分析，對於本研究預備觀察的低年級兒童而言，文字形式的實驗與實驗教材自然較不恰當。因此，基本上，本研究的研究方式將以圖畫配上口語描述，然後要求兒童以口語或行為作反應。

研究目標與假說

由於科學思考的基礎是演繹邏輯思考，本研究若是想要探討男女學生在科學表現上的差異是否與科學思考有關，自然必須先探討男女學生在國小入學時的推理能力之原初狀態為何，或觀察他們擁有哪些演繹思考的先備條件，以及會有的偏誤，然後逐步觀察其發展趨勢或發展偏向。而在觀察其發展趨勢之同時，也可以同時觀察推理能力表現與科學學習成就之關係。具體而言，本研究以條件句的理解及條件句推理作為演繹邏輯思考能力的指標，從發展與教育的觀點，探討四方面的主題：

(一) 從兒童入學時演繹思考方式的原初狀態，探討演繹思考能力的萌芽與發展歷

程；(二)釐清兩性在演繹思考能力上是否具有不同的特徵或發展趨勢；(三)探討邏輯思考能力在科學學習上的角色；(四)配合邏輯思考的發展，是否能發展出有效的思考教育課程或教材。為了釐清上述問題，本研究將以三年時間針對下列具體目標進行實驗與實驗教學 (experimental teaching) 的縱貫性研究：

- 一、觀察兒童對基本的條件句推理，已經可以做到什麼地步？(實驗一)
- 二、觀察兒童對較複雜的條件句推理，也可以做到什麼地步？(實驗二)
- 三、觀察兒童能否從有噪音的訊息中找出訊息內容的基本邏輯形式？(實驗三)
- 四、觀察從實際生活經驗獲知的「條件句為真的機率」會不會影響兒童的條件句推理？(實驗四)
- 五、觀察兒童能否區分條件句與雙條件句？(實驗五)
- 六、觀察兒童對前件肯定式 (MP) 與前件否定式 (DA) 的推理是否受條件句的「因果型態」之影響？(實驗六)
- 七、觀察成年人在後件否定式 (MT) 與後件肯定式 (AC) 的推理中常見的信念偏誤，在兒童身上是否更明顯？(實驗七)

演繹思考不僅是科學思考的基礎，同時也是一般認知能力的基礎 (Stanovich, 1999)。演繹邏輯思考的規則其實並不複雜，困難的地方在於，演繹思考要求我們必須有效的進行一些意識層次的努力，將心智系統中內建的日常直覺性、實用性的推理歷程壓抑下去，排除既有的相關信念與知識對邏輯思考的干擾 (Evans, 2005)。這也是為什麼即使修過邏輯課，很多人在日常推理問題上還是會犯錯的原因。因此，演繹思考的訓練不能只著眼於邏輯學的知識體系，而必須同時從人類思考的特質以及理性的本質去思考。到目前為止，發展心理學的研究結果產生的主流觀點是：邏輯思考的發展是從基本到複雜，從具體到抽象，從經驗到規則的發展歷程。另一方面，思考心理學的研究則提供了許多錯誤推理的原因診斷，例如信念偏誤、因果偏誤等等。以這兩個領域的研究為基礎，應能發展出最切合兒童認知狀態與思考偏向的思考教育課程與教材。因此，本研究從發展與教育的觀點切入，進行上述七項實驗，預期應該能有下列成果：

- 一、了解演繹推理思考的萌芽與年齡發展趨勢。包括回答下列具體問題：
 1. 從一年級到三年級，兒童是否更能從表象看到規則？是否有清晰的發展趨勢？
 2. 從一年級到三年級，兒童是否更能掌握從基本到複雜的演繹推理法則？是否有清晰的發展趨勢？
 3. 從一年級到三年級，兒童是否更能使用否證？是否有清晰的發展趨勢？
 4. 一年級與三年級的兒童在推理歷程上，何者較受信念偏誤的影響？是否有清晰的發展趨勢？
 5. 一年級與三年級的兒童在推理歷程上，何者較受因果關係的影響？是否有清晰的發展趨勢？
- 二、了解演繹邏輯思考在萌芽時期是否有兩性差異。包括釐清下列具體問題：
 1. 在掌握從基本到複雜的演繹推理法則上，是否有兩性差異？

2. 在理解「否認」推理的能力上，是否有兩性差異？
3. 必須從文字敘述看出邏輯結構時，非關邏輯結構的文字訊息對兩性的影響是否相同？
4. 在推理歷程中，對於規則或內容或表現型態的注意，兩性是否有差異？何者有較多的信念偏誤？
5. 兩性在因果或非因果型式的推理上，表現是否有差異？何者較注意因果關係？何者較受因果型式的影響，而有不同的表現？

三、了解演繹邏輯思考方式與科學學習表現的關係。由於數學科是小一生唯一的科學相關課程，因此本研究選擇數學成績作為科學學習表現的指標，希望能夠回答下列問題：

1. 更能從表象看到規則的兒童，其數學學習是否表現較好？
2. 更能掌握演繹推理法則的兒童，其數學學習是否表現較好？
3. 更能使用「否認」推理法則的兒童，其數學學習是否表現較好？
4. 推理歷程較不受信念偏誤影響的兒童，其數學學習是否表現較好？
5. 在因果或非因果形式的推理上，較不受因果關係影響的兒童，其數學學習是否表現較好？

四、發展以心理學研究為基礎的演繹邏輯思考教育課程與教材。

研究方法

研究對象

由於科學學習始於國小一年級，因此萌芽時期的推理能力之觀察自以一年級為較理想的觀察對象。至於發展趨勢的觀察，最佳資料應為縱貫性資料，不過限於研究時間不能過長，因此本研究選擇在第一及第三年觀察同一班兒童，也就是第一年的小一兒童升上三年級後，再進行一次實驗，第二年則觀察另一班小三兒童，一方面可以將第一、二年的橫貫資料與第一、三年的縱貫資料作比較，以瞭解演繹推理的發展趨勢，一方面可以藉由第二年與第三年資料的比較，瞭解邏輯思考教學的效果。簡而言之，本研究第一年的研究對象為一年級兒童，約 60 人左右（小一組）；第二年為三年級兒童，亦為 60 人左右（小三甲組）；第三年為曾參與第一年實驗之三年級兒童（小三乙組）。

同時，本研究的所有七種實驗都將以成人作為對照組，以觀察發展上的長期趨勢與變化。成人組預備取樣理工背景的大學生以及人文背景的大學生各 30 人，男女各半，進行個別實驗。

研究設計

採連續設計（sequential design），前兩年分別蒐集橫斷性資料（一年級與三年級），第三年蒐集縱貫性資料（以曾參與第一年實驗之三年級兒童為對象）。

研究方式

本研究的進行方式是實驗與實驗教學並進，一方面進行個別實驗，瞭解兒童的邏輯思考初始狀態，並驗證假說，一方面以實驗材料進行團體教學，以探討系統性

思考教育的可能性。

本研究預備與特定國小合作，利用彈性課程時間，由研究者帶領若干位研究生，進行每週一小時的常態性實驗與實驗教學活動。其程序如次：第一步，先以下面所列的七項實驗材料測試兒童演繹推理能力的初始狀態（baseline），一方面作為以後發展趨勢的比較基礎，一方面作為實驗教學的前測。第二步，分項循序以實驗材料作為教材，在課堂上進行實驗教學。每一項教學完成之後，以同類型材料進行第二次實驗（後測），以評估教學效果。若教學效果未達預期標準，則進行第二次教學，並進行第二次教學效果評估。如此程序重複進行，直至七項實驗與實驗教學全部完成為止。

至於科學學習的指標，本研究以兒童的數學學習表現代表科學學習能力，有其重要、且不得不然的實務上緣由：本研究既然想探討科學啟蒙教育前的演繹邏輯思考雛形對科學學習的影響，又想測試小學啟蒙階段的演繹邏輯思考教育能否促進科學學習，自然必須以小一兒童作為觀察起點，而小一兒童的科學相關課程只有數學科，因此只能以數學作為科學學習成就之指標，對兒童數學定期考試的成績進行分析。當然，也許有人會認為數學與科學有相當大的差異，然而，兩者卻也有非常密切的關係。對某些科學的學習，在相當程度上決定於學習者的數學能力，一般而言，數學學習成就與科學學習成就也有一定的關係。更重要的是，科學思考所依賴的邏輯法則，基本上即為某種型態的數學，學習邏輯所需要的抽象思考能力，也正是學習數學所需的。因此，純從科學「思考」的角度來看，科學思考能力應能反映到數學學習上。具體而言，這方面的分析重點有二：（1）邏輯思考能力與數學學習表現有無關係？（2）促進邏輯思考對數學學習有無幫助？

實驗材料發展程序

參照前述思考心理學與發展心理學的研究結果與研究方法，針對本研究的觀察目標，本研究設計了七個條件句推理的實驗，其實驗情境包含對條件句文字語意的操弄、對因果形式的操弄，以及可以促成信念偏誤的信念可信度操弄。實驗作業以圖畫輔助口語描述的方式呈現問題，再要求兒童以口語做反應（Ennis et al., 1969；Kuhn, 1977）。

在發展實驗材料上，預定分成預備階段與正式發展階段。在預備階段，必須先分別與一年級及三年級的兒童在常態性的定期互動中，針對下列問題有所瞭解，才能發展出適當、有效的實驗材料：

1. 兒童對思考問題的反應型態；
2. 兒童慣常使用的語言習慣（例如，句子的深度與長短）；
3. 兒童處理語言訊息時的注意力分配狀態；

瞭解實驗情境對兒童而言，其 demand characteristics 為何。也就是說研究者必須徹底瞭解兒童對於實驗情境（實驗目標、適當反應）的心理預期，才能決定恰當的實驗指導語。在正式發展階段，研究者預備採取下列作法：

1. 以兒童可以理解的語言，發展出演繹推理四種條件句的各種基本形式，作為建立 baseline 的「基本實驗材料」。
2. 以兒童可以掌握的基本實驗材料中的「單純邏輯命題」為基礎，然後發展出

「單純邏輯命題+非關邏輯結構的訊息」之實驗材料，看非關邏輯結構的文字敘述對兒童掌握邏輯法則有無影響，並觀察其對兩性的影響是否不同。

- 蒐集兒童的日常信念，並確認兒童對這些信念的相信程度。然後以這些信念作為命題的內容，以基本實驗材料為基礎，探討在相同的邏輯結構形式下，抽象命題、非信念命題，以及信念命題，對兒童推理歷程的影響，並觀察其對兩性的影響是否相同。

第一年的研究成果

第一年的研究目標主要有四：(1) 觀察兒童對基本的條件句推理，已經可以做到什麼地步？(2) 觀察兒童能否從有噪音的訊息中找出訊息內容的基本邏輯形式？(3) 配合兒童邏輯思考的發展，進行思考教育課程的教材發展與實驗教學。(4) 觀察邏輯思考教學是否能促進邏輯思考？以下分別就這四方面敘述主要的研究成果。

一、兒童對基本條件句的推理

實驗方法

實驗對象

實驗組：小學一年級兒童 59 人（男生 31 人，女生 28 人）。

對照組：成人（大學生）73 人（男生 29 人，女生 44 人）。

實驗變項

獨變項：推理作業的論題形式（MP、DA、AC、MT）。

依變項：參與者對論題結論確定性判斷（一定是這樣，一定不是這樣，不一定是這樣）。

實驗作業（一）--玩具國的人都很快樂

★ 玩具國的人都很快樂		很快樂	很不快樂	不一定	不知道
1	小明是玩具國的人，所以小明				
2	小明不是玩具國的人，所以小明				
		是玩具國的人	不是玩具國的人	不一定	不知道
3	小明很快樂，所以小明				
4	小明很不快樂，所以小明				

實驗作業（二）--農夫都很辛苦

★ 農夫都很辛苦		很辛苦	不辛苦	不一定	不知道
1	大山是農夫，所以大山				
2	大山不是農夫，所以大山				

		是農夫	不是農夫	不一定	不知道
3	大山很辛苦，所以大山				
4	大山不辛苦，所以大山				

實驗結果

一、條件句推理的基本形式—發展差異

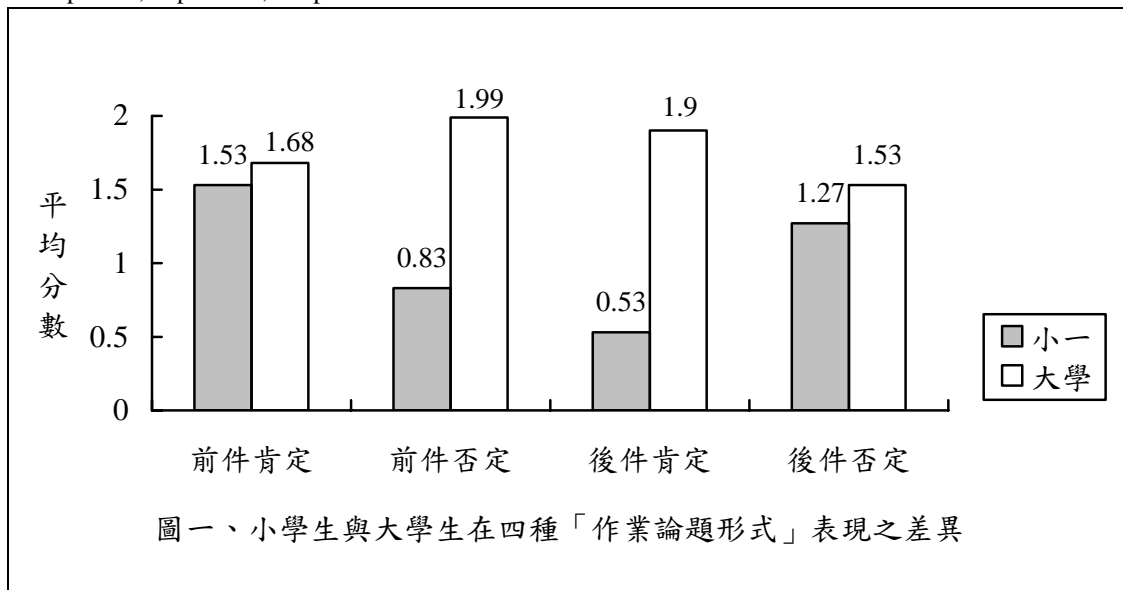
表一、小學生與大學生在四種「作業論題形式」表現之差異

	小學生組		大學生組		小學生組與大學生組表現差異	
	平均數	標準差	平均數	標準差	t	顯著 (單尾)
前件肯定	1.53	.626	1.68	.643	-1.434	.077
前件否定	.83	.854	1.99	.117	-10.317***	.000
後件肯定	.53	.728	1.90	.340	-13.417***	.000
後件否定	1.27	.848	1.53	.728	-1.887*	.031

小學生 (小一) N=59 (男 31, 女 28), 大學生 N=73 (男 29, 女 44)

每種作業形式答對得 1 分, 答錯得 0 分, 兩種作業形式故 range: 0-2

*p<.05, **p<.005, ***p<.001



二、條件句推理的基本形式—性別差異

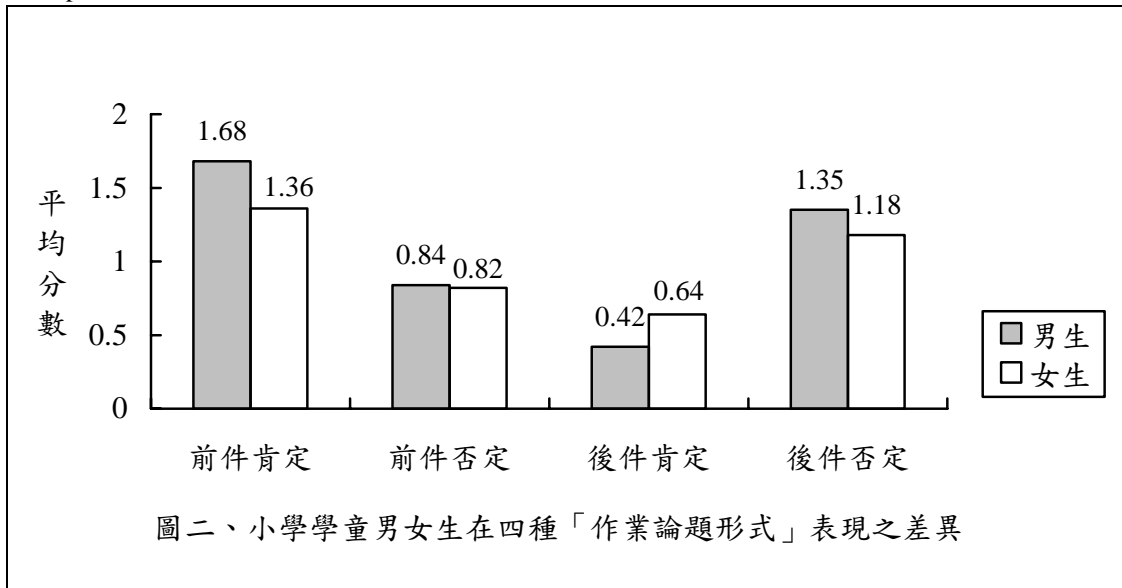
表二、小學學童男女生在四種「作業論題形式」表現之差異

	男生		女生		男生與女生表現差異	
	平均數	標準差	平均數	標準差	t	顯著性 (雙尾)
前件肯定	1.68	.541	1.36	.678	2.014*	.049
前件否定	.84	.860	.82	.863	.077	.939
後件肯定	.42	.620	.64	.826	-1.165	.249
後件否定	1.35	.798	1.18	.905	.795	.430

小學生 (小一) N=59 (男 31, 女 28)

答對得 1 分，答錯得 0 分，range: 0-2

* $p < .05$

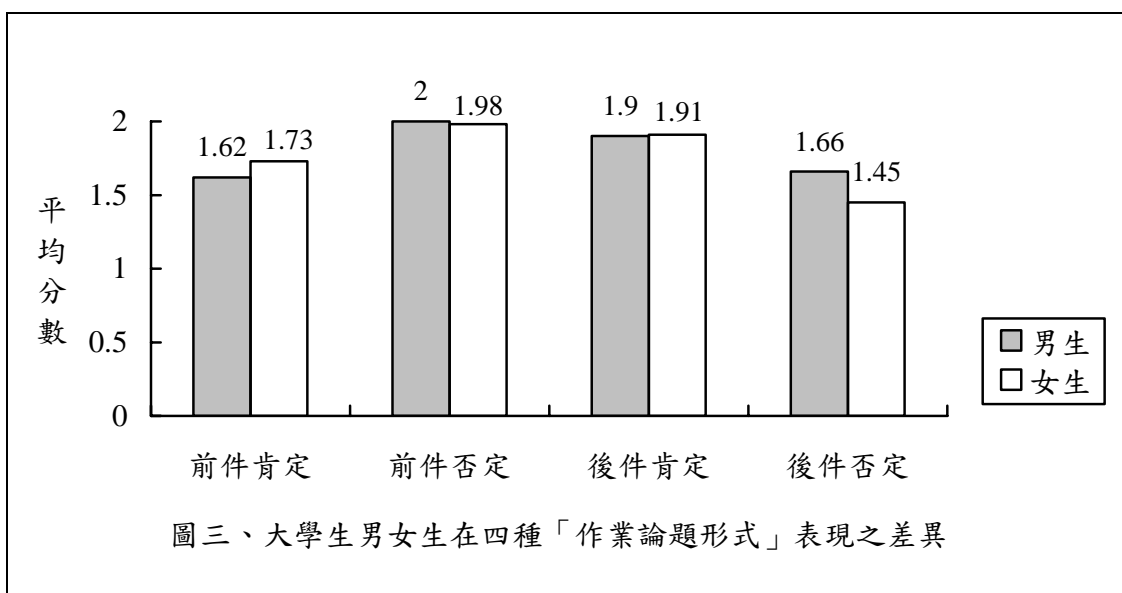


表三、大學生男女生在四種「作業論題形式」表現之差異

	男生		女生		男生與女生表現差異	
	平均數	標準差	平均數	標準差	t	顯著性 (雙尾)
前件肯定	1.62	.728	1.73	.585	-.691	.492
前件否定	2	.000	1.98	.151	.810	.421
後件肯定	1.90	.409	1.91	.291	-.153	.879
後件否定	1.66	.670	1.45	.761	1.155	.252

大學生 N=73 (男 29, 女 44)

答對得 1 分，答錯得 0 分，range: 0-2



二、 兒童能否從有噪音的訊息中找出訊息內容的基本邏輯形式？

實驗方法

實驗變項

獨變項：是否有邏輯要件以外的訊息

依變項：參與者對論題結論的評估

實驗對象

小學二年級兒童 65 人 (男生 34 人, 女生 31 人)。

成人 (大學生) 66 人 (男生 32 人, 女生 34 人)。

實驗材料範例 (故事 A, 前件肯定)

無噪音組	如果書上貼著紅色標籤就是漫畫書, 有一本書貼著紅色標籤, 這本書是漫畫書嗎?
有噪音組	張小華家裡有很多書, 書架的上層是爸爸、媽媽的書, 下層放張小華和妹妹的書。所有的書都貼著標籤, 如果書上貼著紅色標籤就是漫畫書。媽媽規定, 書要排好, 不准放錯地方。書架上層有一本書貼著紅色標籤, 這本書是漫畫書嗎?

實驗材料

故事 A	如果書上貼著紅色標籤就是漫畫書。
故事 B	如果黃小麗去散步, 就會戴一頂紅帽子。
故事 C	如果小明帶了樂譜, 他就會去彈鋼琴。
故事 D	如果哥哥在家, 安安就會玩哥哥的玩具。

實驗設計 (四個故事 A、B、C、D, 給四個不同的受試者)

	受試者 1	受試者 2	受試者 3	受試者 4
前件肯定	A	D	C	B
前件否定	B	A	D	C
後件肯定	C	B	A	D
後件否定	D	C	B	A

實驗材料組成形式

	形式 1	形式 2	形式 3	形式 4
故事 A	前件肯定	前件否定	後件肯定	後件否定
故事 B	前件否定	後件肯定	後件否定	前件肯定
故事 C	後件肯定	後件否定	前件肯定	前件否定
故事 D	後件否定	前件肯定	前件否定	後件肯定

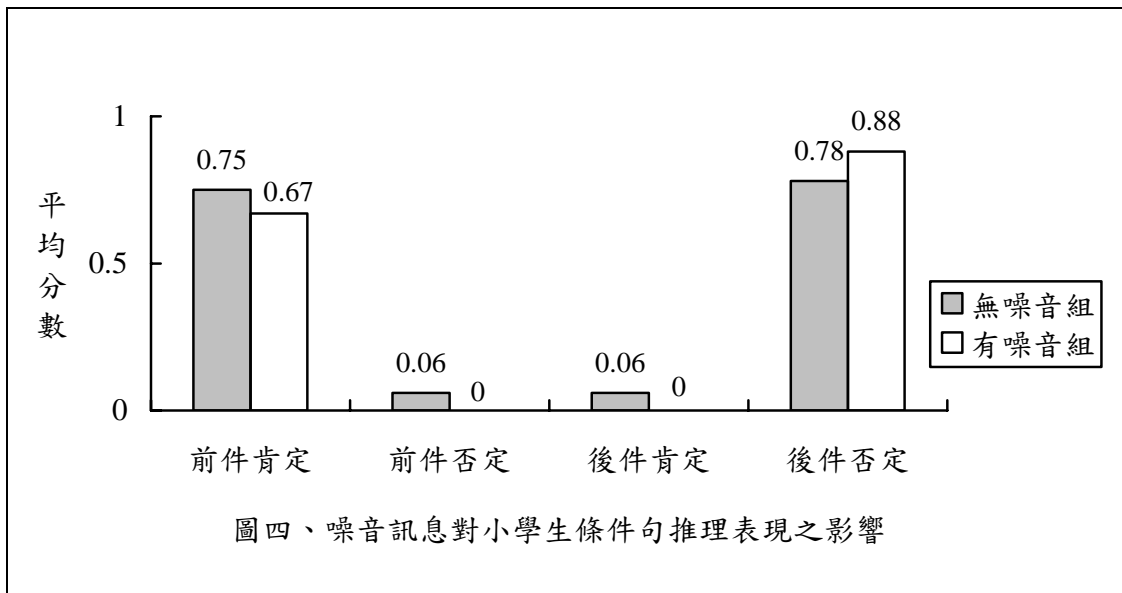
實驗結果

一、 噪音對條件句表現之影響—發展差異

表四、 噪音訊息對小學生條件句推理表現之影響

	無噪音組		有噪音組		無噪音組與有噪音組表現差異	
	平均數	標準差	平均數	標準差	t	顯著 (單尾)
前件肯定	.75	.440	.67	.246	.730	.234
前件否定	.06	.246	.00	.000	1.438	.081
後件肯定	.06	.246	.00	.000	1.438	.081
後件否定	.78	.420	.88	.331	-1.037	.152

小學二年級學生 N=65 (男 34, 女 31) (無噪音組 32, 有噪音組 33)
答對得 1 分, 答錯得 0 分, range: 0-1

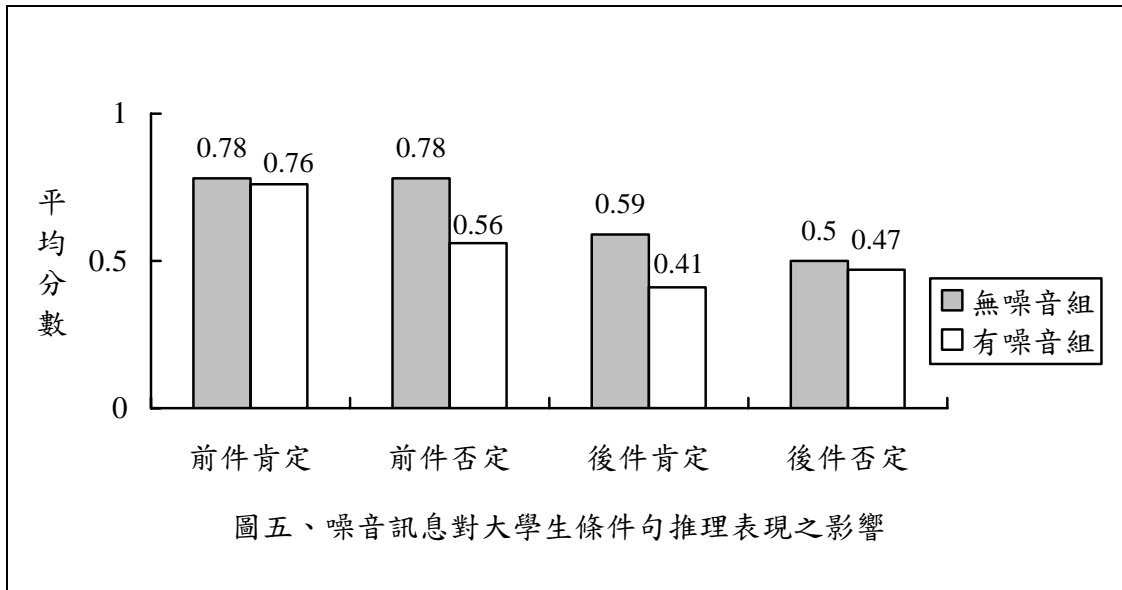


表五、噪音訊息對大學生條件句推理表現之影響

	無噪音組		有噪音組		無噪音組與有噪音組表現差異	
	平均數	標準差	平均數	標準差	t	顯著 (單尾)
前件肯定	.78	.420	.76	.431	.158	.438
前件否定	.78	.420	.56	.504	1.952*	.028
後件肯定	.59	.499	.41	.500	1.480	.072
後件否定	.50	.508	.47	.507	.235	.408

大學生 N=66 (男 32, 女 34) (無噪音組 32, 有噪音組 34)
答對得 1 分, 答錯得 0 分, range: 0-1

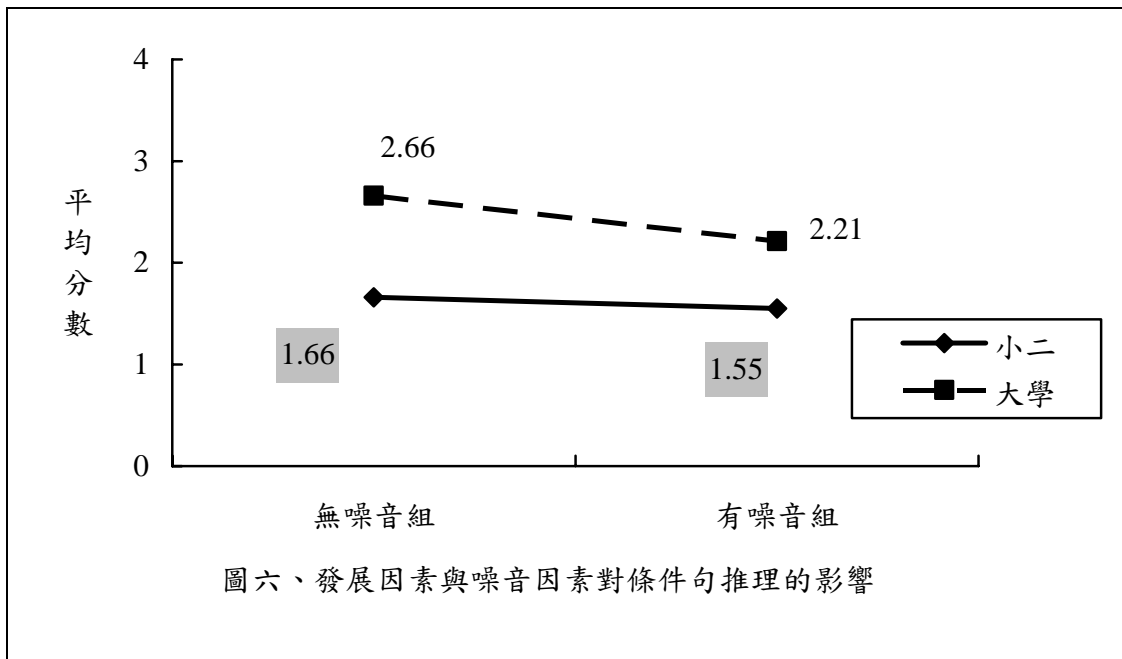
*p < .05



表六、發展因素與噪音因素對條件句推理的影響

	平方和	自由度	平均平方和	F
年齡	22.559	1	22.559	34.863***
有無噪音	2.577	1	2.577	3.982*
年齡*有無噪音	.943	1	.943	1.458
誤差	82.178	127	.647	
總和	108.257	130		

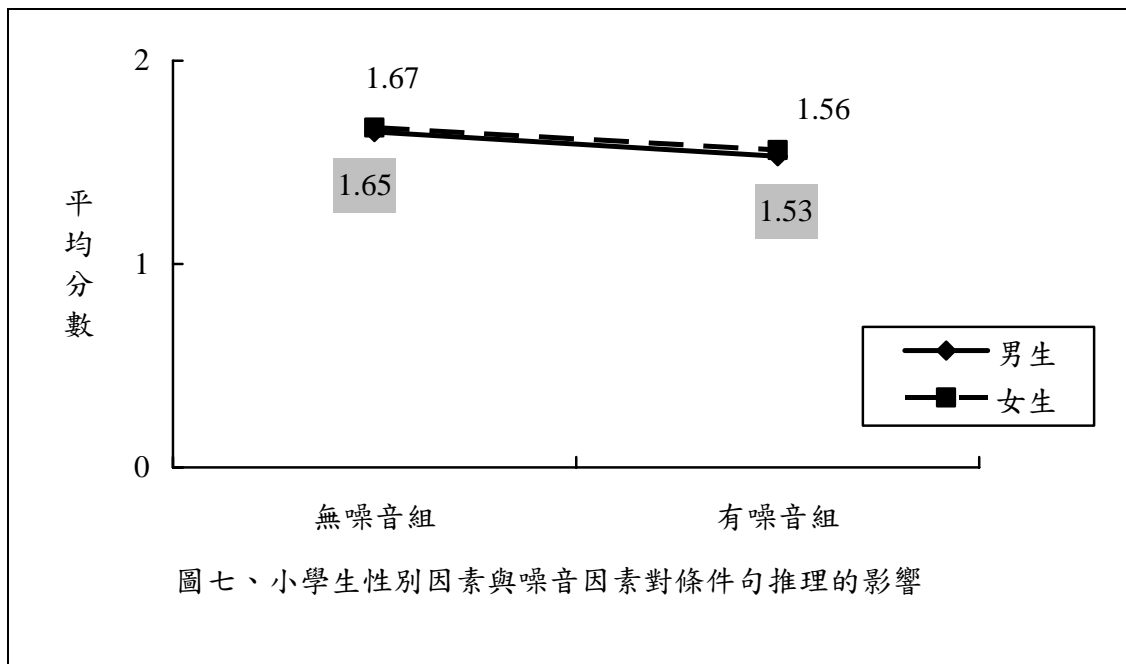
* $p < .05$, *** $p < .001$



二、噪音對條件句表現之影響—性別差異

表七、小學生性別因素與噪音因素對條件句推理的影響

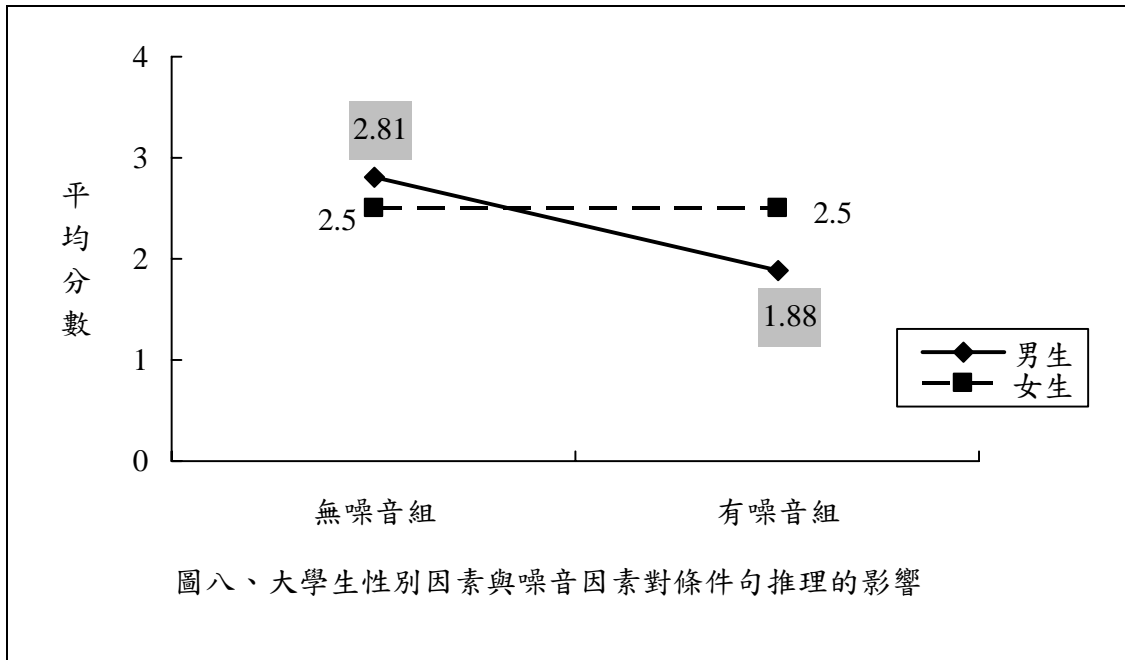
	平方和	自由度	平均平方和	F	顯著值
性別	.011	1	.011	.045	.833
有無噪音	.199	1	.199	.790	.378
性別*有無噪音	.001	1	.001	.003	.957
誤差	15.388	61			
總和	15.599	64			



圖七、小學生性別因素與噪音因素對條件句推理的影響

表八、大學生性別因素與噪音因素對條件句推理的影響

	平方和	自由度	平均平方和	F	顯著值
性別	.402	1	.402	.397	.531
有無噪音	3.616	1	3.616	3.576	.063
性別*有無噪音	3.616	1	3.616	3.576	.063
誤差	62.688	62			
總和	70.121	65			



三、 思考教育課程的教材發展與實驗教學

實驗教學程序

本研究之實驗教學在設計上與前述實驗緊密連結，基本上是以實驗結果作為教學方向，實驗材料作為教學材料。以下分別詳述實驗教學之階段性程序：

一、教學前之預備階段

以發展完成之實驗材料先進行實驗一「條件句基本型態」的測試實驗，

1. 作為教學前的 baseline 指標（實驗一之前測<A>）。實驗採個別施測。
2. 以實驗一之實驗結果為基礎，分析兒童犯錯原因。

二、正式教學階段

1. 在課堂上以各種例句說明「條件句基本型態」中，前件與後件的一般性邏輯結構與關係。
2. 針對實驗中兒童容易犯錯的論題形式加以解說與舉例。

三、教學後之評估階段

1. 發展出與實驗一前測<A>「條件句基本型態」相似之實驗材料，進行後測（實驗一之），以評估教學效果。後測亦採個別施測。
2. 根據前、後測結果之分析，決定是否繼續進行第二次教學。
3. 若須進行第二次教學，則根據第二次實驗結果，分析修正教學材料。
4. 若無須進行第二次教學，則進行下一實驗之實驗教學。
5. 每個實驗至多進行兩次教學。

四、以相同程序，分別完成以實驗二至實驗七之實驗為基礎之實驗教學程序。

教學材料範例

小明是小學一年級的學生，每天早上都很快樂的跟著哥哥一起上學。小明上課很專心，功課也都很認真作，因此考試成績都很不錯。老師為了鼓勵小明，就跟小明說，如果小明月考全部考滿分，老師就會給他一張獎狀。小明很開心，回家就跟媽媽說，媽媽很高興的對小明說，考試快到了，你要加倍努力呀！如果你拿到獎狀，媽媽一定會給你零用錢當獎品喔！昨天小明放學回來，從書包裡很得意的拿一張獎狀出來給媽媽看，媽媽又驚訝又高興地對小明說，你一定是月考考滿分了吧？

你們說，小明拿到獎狀，一定是月考全部考滿分了嗎？
如果小明沒有拿到任何獎狀，是不是月考沒有考滿分？

實驗教學效果分析

實驗教學的效果主要是比較曾在一年級接受實驗教學之兒童在升上二年級之後，與另一班未接受教學前的二年級兒童的邏輯推理能力，亦能間接推論得知教學之效果。

四、教學效果

實驗方法

實驗對象

實驗組：中壢地區某國小一（二）年級 32 人

控制組：宜蘭地區某國小一（二）年級 27 人

前測材料

★ 玩具國的人都很快樂

		很快樂	很不快樂	不一定	不知道
1	小明是玩具國的人，所以小明				
2	小明不是玩具國的人，所以小明				
		是玩具國的人	不是玩具國的人	不一定	不知道
3	小明很快樂，所以小明				
4	小明很不快樂，所以小明				

★ 農夫都很辛苦

		很辛苦	不辛苦	不一定	不知道
1	大山是農夫，所以大山				
2	大山不是農夫，所以大山				
		是農夫	不是農夫	不一定	不知道
3	大山很辛苦，所以大山				
4	大山不辛苦，所以大山				

後測材料

第一次後測（實驗組經過兩週的教學）

★ 小明如果感冒了，就會請假

		會請假	不會請假	不一定	不知道
1	小明感冒了，所以小明				
2	小明沒有感冒，所以小明				
		感冒了	沒有感冒	不一定	不知道
3	小明請假，所以小明				
4	小明沒有請假，所以小明				

★ 小華如果有錢，就會去買漫畫

		去買漫畫	沒有去買漫畫	不一定	不知道
1	小華有錢，所以小華				
2	小華沒有錢，所以小華				
		有錢	沒有錢	不一定	不知道
3	小華買漫畫，所以小華				
4	小華沒有買漫畫，所以小華				

第二次後測（實驗組經過七週的教學）

★ 火星人的頭上都有長角

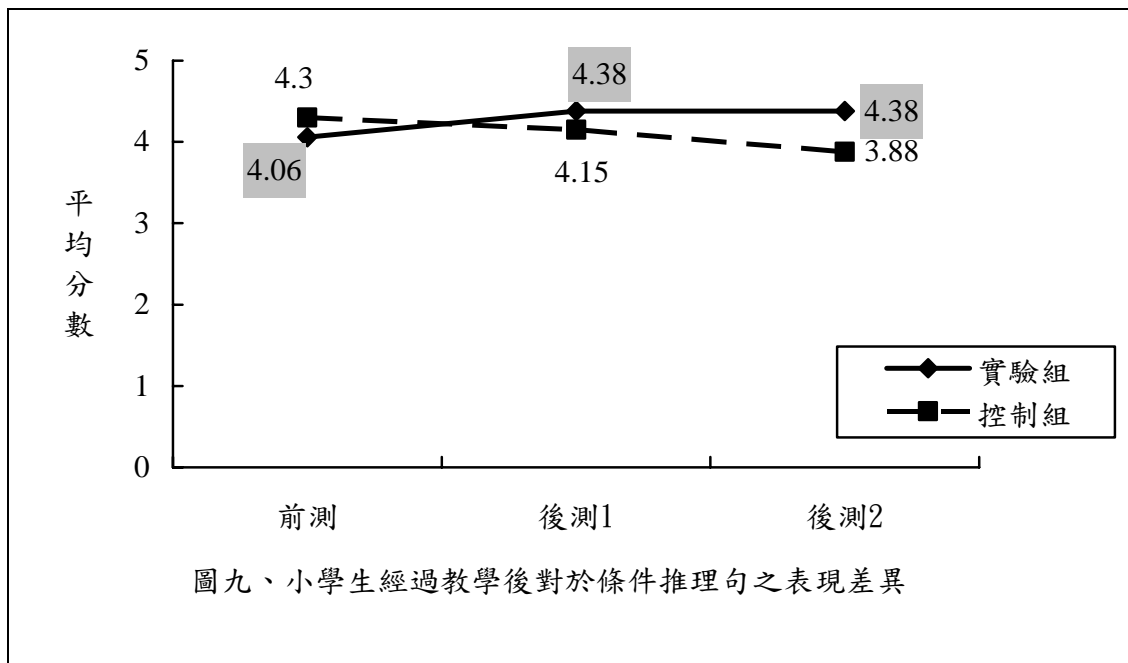
		有長角	沒有長角	不一定	不知道
1	小毛是火星人，所以他的頭上				
2	小毛不是火星人，所以他的頭上				
		是火星人	不是火星人	不一定	不知道
3	小毛的頭上有長角，所以他				
4	小毛的頭上沒有長角，所以他				

★ 神仙都愛唱歌

		愛唱歌	不愛唱歌	不一定	不知道
1	彎彎是神仙，所以他				
2	彎彎不是神仙，所以他				
		是神仙	不是神仙	不一定	不知道
3	彎彎愛唱歌，所以他				
4	彎彎不愛唱歌，所以他				

表九、小學生經過教學後對於條件推理句之表現差異

	前測		後測 1		後測 2		後測 1 減前測的差異		後測 2 減前測的差異	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差	t	顯著性 (單尾)	t	顯著性 (單尾)
實驗組	4.06	1.48	4.38	1.29	4.38	1.47				
控制組	4.30	1.77	4.15	.77	3.88	.77	.975	.162	1.404	.082



圖九、小學生經過教學後對於條件推理句之表現差異

表十、條件句推理能力和數學、國語成績的相關

	前測分數	第一次後測分數	第二次後測分數
數學成績	0.004	-.073	.321*
國語成績			.296*

*p < .05

結果與討論

一、發展角度

小一兒童在基本的條件句推理上，除了前件肯定外表現都比大學生差。小二兒童在噪音干擾實驗表現都比大學生差，而在基本的條件句推理上，小二學童不論有無噪音訊息，表現並無差異；大學生在前件否定的推理上顯著受噪音訊息的干擾，但在其他的條件句推理上則未顯示噪音訊息的干擾效應。

二、性別角度

小一兒童在基本條件句推理上，除了前件肯定男生表現略好外，性別間並無顯著差異。大學生在基本條件句推理上，未顯示出任何性別差異。小二兒童在噪音訊息的條件句實驗上，未顯示出任何性別差異。噪音訊息的條件句實驗結果，在有噪音干擾的情況下，大學女生的表現比男生好。

三、教學角度

邏輯思考的實驗教學在七週後雖未顯示出統計上顯著的教學效果，卻呈現出相當明顯的效果趨勢。前測表現與第一次後測表現與數學科成績的相關不顯著；第二次後測表現則與數學成績有顯著相關，這應是教學效果的另外指標。

參考文獻

- 教育部 (2007)。教育類性別統計指標。教育部統計處彙編，網址：
http://www.edu.tw/EDU_WEB/EDU_MGT/STATISTICS/EDU7220001/gender/index1.htm。
- Braine, M. D. S. (1978). On the relation between the natural logic of reasoning and standard logic. *Psychological Review*, 85, 1-21.
- Braine, M. D. S. (1998). Steps towards a mental predicate logic. In M. D. S. Braine, & D. P. O'Brien (Eds.), *Mental logic*. (pp. 273-331). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Braine, M. D. S., & O'Brien, D. P. (1991). A theory of If: A lexical entry, reasoning program, and pragmatic principles. *Psychological Review*, 98, 182-203.
- Braine, M. D. S., Reiser, B. J., & Rumin, B. (1984). Some empirical justification for a theory of natural prepositional logic. In G. H. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (vol. 18). New York: Academic Press.
- Brewer, W. F., & Mishra, P. (1998). Science. In W. Bechtel and G. Graham (Eds.), *A companion to cognitive science* (pp. 734-743). Malden, Massachusetts: Blackwell.
- Buldu, M. (2006). Young children's perceptions of scientists: A preliminary study. *Educational Research*, 48, 121-132.
- Cheng, P. W., & Holyoak, K. J. (1985) Pragmatic reasoning schemas. *Cognitive Psychology*, 17, 391-416.
- Crowley, K., Callanan, M. A., Jipson, J. L., Galco, J., Topping, K., & Shrager, J. (2001). Shared scientific thinking in everyday parent-child activity. *Science Education*, 85, 712-732.
- Deloache, J.S., Miller, K. F., & Pierroutsakos, S. L. (1998). Reasoning and problem solving. In D. Kuhn & R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of child psychology: Vol. 2. Cognition, perception and language* (pp. 801-850). New York: Wiley.
- Devine, F. (1992). Gender segregation in the engineering and science professions: A case of continuity and change. *Work, Employment & Society*, 6, 557-575.
- Dunbar, K., & Fugelsang, J. (2005). Scientific thinking and reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The Cambridge handbook of thinking and reasoning* (Ch.29, pp. 795-725). New York: Cambridge University Press.

- Ennis, R., Findelstein, M., Smith, E., & Wilson, N. (1969). *Conditional logic and children*. Ithaca: N. Y.: Connell Critical Thinking Readiness Project.
- Evans, J. St. B. T. (1977) Linguistic factors in reasoning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 29, 297-306.
- Evans, J. St. B. T. (1989). *Bias in human reasoning: Causes and consequences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Evans, J. St. B. T. (2005). Deductive reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The Cambridge handbook of thinking and reasoning* (Ch.8, pp. 169-184). New York: Cambridge University Press.
- Evans, J. St. B. T., Barston, J. L., & Pollard, R. (1983). On the conflict between logic and belief in syllogistic reasoning. *Memory & Cognition*, 11, 295-306.
- Evans, J. St. B. T., Handley, S. J., Harper, C. N., & Johnson-Laird, P. N. (1999). Reasoning about necessity and possibility: A test of the mental model theory of deduction. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 1495-1513.
- Evans, J. St. B. T., Newstead, S. E., & Byrne, R. M. J. (1993). *Human reasoning: The psychology of deduction*. Hove, England: Erlbaum.
- Flavell, J. H., Flavell, E. R., Green, F. L., & Moses, L. J. (1990). Young children's understanding of fact beliefs versus value beliefs. *Child Development*, 61, 915-928.
- Griggs, R. A., & Cox, J. R. (1982). The elusive thematic-materials effect in Wason's selection task. *British Journal of Experimental Psychology*, 73, 407-420.
- Geiger, J. F., & Litwiller, R. M. (2005). Spatial working memory and gender differences in science. *Journal of Instructional Psychology*, 32, 49-57.
- Halpern, D. E. (1997). Sex differences in intelligence: Implications for education. *American Psychologists*, 52, 1091-1102.
- Halpern, D. E. (2004). A cognitive process taxonomy for sex differences in cognitive abilities. *Current Directions in Psychological Science*, 13, 135-139.
- Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E., & Thagard, P. R. (1986). *Induction: Processes of inference, learning and discovery*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hyde, J. S., Fennema, E., & Lamon, S. (1990). Gender differences in mathematics performance: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 107, 139-155.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Books.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1964). *The early growth of logic in the child: Classification and seriation*. London: Routledge & Kagan Paul.
- Johnson, S. (1987). Gender differences in science: parallels in interest, experience and performance. *International Journal of Science Education*, 9, 467-481.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P. N., & Byrne, R. (1991). *Deduction*. Hove, England: Erlbaum.
- Johnson-Laird, P. N. (2005). Mental models and thought. In K. J. Holyoak & R. G.

- Morrison (Eds.). *The Cambridge handbook of thinking and reasoning* (pp. 185-208). New York: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P. N., Legrenzi, P., & Legrenzi, M. S. (1972). Reasoning and a sense of reality. *British Journal of Psychology*, 63, 395-400.
- Klaczynski, P. A., Schuneman, M. J. & Daniel, D. B. (2004). Theories of conditional reasoning: A developmental examination of competing hypotheses. *Developmental Psychology*, 40, 559-571.
- Khan, F. A. (1999). The social context of learning mathematics: Stepping beyond the cognitive framework. *Mind, Culture, and Activity*, 6, 304-313.
- Kuhn, D., & Angelev, J. (1976). An experimental study of the development of formal operational thought. *Child Development*, 47, 697-706.
- Kuhn, D. & Brannock, J. (1977). Development of the isolation of variables scheme in experimental and "natural experiment" contexts. *Developmental Psychology*, 13, 9-14.
- Kuhn, D. (1977). Conditional reasoning in children. *Developmental Psychology*, 13, 342-353.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689.
- Lauzon, D. (2001). Gender differences in large scale, quantitative assessments of mathematics and science achievement. Paper Prepared for the Statistics Canada-John Deutsch Institute--WRNET Conference on Empirical Issues in Canadian Education, Ottawa, November 23-24, 2001.
- Liu, I. (2005). Conditional reasoning and conditionalization. *Journal of Experimental Psychology*, 29, 694-709.
- Liu, I., Lo, K., & Wu, J. (1996). A probabilistic interpretation of "if-then". *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 828-844.
- Longbottom, J. E., & Butler, P. H. (1999). Why teach science? Setting rational goals for science education. *Science Education*, 83, 473-492.
- Manktelow, K. (1999). Reasoning and thinking: A four-way introduction. In K. Manktelow, *Reasoning and thinking* (Ch.1, pp.1-12). East Sussex, UK: Psychology Press.
- Markovits, H. (1988) Conditional reasoning, representation, empirical evidence on a concrete task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 483-495.
- Markovits, H., & Nantel, G. (1989). The belief-bias effect in the production and evaluation of logical conclusions. *Memory & Cognition*, 17, 11-17.
- Markovits, H. (1993). The development of conditional reasoning: A Piagetian reformulation of the theory of mental models. *Merrill-Palmer Quarterly*, 39, 133-160.
- Markovits, H., & Barrouillet, P. (2002). The development of conditional reasoning: A mental model account. *Developmental Review*, 22, 5-36.
- Markovits, H. Fleury, M-L., Quinn, S., & Venet, M. (1998). Conditional reasoning and the structure of semantic memory. *Child Development*, 64, 742-755.
- Meece, J. L., Parsons, J. E., Kaczala, C.J., Goff, S. B., & Fetterman, R. (1982). Sex differences in math achievements: Toward a model of academic choice. *Psychological Bulletin*, 91, 324-348.

- Miller, P. H., Blessing, J. S., & Schwartz, S. (2006). Gender differences in high-school students' views about science. *International Journal of Science Education*, 28, 363-381.
- Moshman, D. (1990). The development of metalogical understanding. In W. F. Overton (Ed.), *Reasoning, necessity, and logic: Developmental perspectives* (pp. 205-225). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Oakhill, J. V., & Johnson-Laird, P. N. (1985). The effects of belief on the spontaneous production of syllogistic conclusions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37A, 553-569.
- Oakhill, J., Johnson-Laird, P. N., & Garnham, A. (1989). Believability and syllogistic reasoning. *Cognition*, 31, 117-140.
- O'Donnell, A. M., Reeve, J., Smith, J. K. (2007). *Educational psychology*. John Wiley & Sons.
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development)(2006). Women in scientific careers: Unleashing the potential. OECD Publishing.
- Overton, W. F., Ward, S. L., Black, J., Noveck, I. A., & O'Brien, D. P. (1987). Form and content in the development of deductive reasoning. *Developmental Psychology*, 23, 22-30.
- Piaget, J. (1972). Intellectual evolution from adolescence to adulthood. *Human Development*, 15, 1-12.
- Peel, E. (1967). A method for investigating children's understanding of certain logical connectives used in binary propositional thinking. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 20, 81-92.
- Pollard, P., & Evans, J. St. B. T. (1980). The influence of logic on conditional reasoning performance. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 605-624.
- Platt, J. R. (1964). Strong inference. *Science*, 146, 347-353.
- Popper, K. R. (1959). *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson.
- Revlín, R., Leirer, V. O., Yopp, H., & Yopp, R. (1980). The belief bias effect in formal reasoning: The influence of knowledge on logic. *Memory & Cognition*, 8, 584-592.
- Rips, L. J. (1983). Cognitive processes in propositional reasoning. *Psychological Review*, 102, 90, 38-71.
- Rips, L. J. (1990). Reasoning. *Annual Review of Psychology*, 41, 321-353.
- Rips, L. J. (1994a). *The psychology of proof*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Rips, L. J. (1994b). Deduction and its cognitive basis. In R. J. Sternberg (Ed.), *Thinking and problem solving* (pp. 149-178). San Diego, California: Academic Press.
- Rips, L. J. (1998). Reasoning. In W. Bechtel and G. Graham (Eds.), *A companion to cognitive science* (pp. 299-305). Malden, Massachusetts: Blackwell.
- Robert, M., & Savoie, N. (2006). Are there gender differences in verbal and visuospatial working-memory resources? *European Journal of Cognitive Psychology*, 18, 378-397
- Shapiro, B., & O'Brien, T. Logical thinking in children ages six through thirteen. *Child Development*, 41, 823-829.

- Spelke, E. S. (2005). Sex differences in intrinsic aptitude for mathematics and science?: A critical review. *American Psychologist*, *60*, 950-958.
- Spellman, B. A., Kincannon, A. P., & Stose, S. (2005). The relation between counterfactual and causal reasoning. In D. R. Mandel, E. J. Hilton, & P. Catellani (Eds.), *The psychology of counterfactual thinking* (Ch. 2, pp. 28-43). New York: Routledge.
- Spencer, S. J., Steele, C. M., & Quinn, D. M. (1999). Stereotype threat and women's math performance. *Journal of Experimental Social Psychology*, *35*, 4-28.
- Stanovich, K. E. (1999). *Who is rational? Studies of individual differences in reasoning*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Thompson, V. A. (1994). Interpretational factors in conditional reasoning. *Memory & Cognition*, *22*, 742-758.
- Thompson, V. A. (2000). The task-specific nature of domain-general reasoning. *Cognition*, *76*, 209-268.
- Wason, P. C. (1960) On the failure to eliminate hypotheses in a conceptual task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *12*, 129-140.
- Wason, P. C. (1966) Reasoning. In B. M. Foss (ed.) *New Horizons in Psychology*, vol 1. Harmondsworth: Penguin.
- Wason, P. C. (1968) Reasoning about a rule. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *20*, 273-281.
- Wason, P. C., & Johnson-Laird, P. N. (1972) *Psychology of Reasoning: Structure and Content*. London: Batsford.
- Weinburgh, M. (1995). Gender differences in student attitudes toward science: A meta-analysis of the literature from 1970-1991. *Journal of Research in Science Teaching*, *32*, 387-398.
- Wildman, T. M., & Fletcher, H. J. (1977) Developmental increases and decreases in solutions of conditional syllogism problems. *Developmental Psychology*, *13*, 630-636.
- Wilson, K. L., & Boldizar, J. P. (1990). Gender segregation in higher education: Effects of aspirations, mathematics achievements, and income. *Sociology of Education*, *63*, 62-74.