

工作記憶與知識論信念對批判思考技巧表現的預測力*

許崇憲

長榮大學

健康心理學系

本研究探討工作記憶與知識論信念對批判思考技巧表現的預測力。來自三所一般大學的 160 位大學部學生接受個別施測。迴歸分析及其他統計分析結果發現，第一，控制訊息處理速度之後，工作記憶廣度及執行功能顯著預測整體批判思考技巧表現，但知識論信念無顯著預測力。第二，進一步檢驗對批判思考各項技巧的預測力，僅工作記憶對推演結論及解釋技巧具有正向預測力。第三，本研究採用多種作業測量工作記憶，短期記憶及執行功能正向預測整體批判思考、推演結論及解釋技巧表現，僅一項涉及訊息儲存及處理的工作記憶具有正向預測力。短期記憶對批判思考技巧表現的預測力，並未低於 Baddeley 與 Hitch（1974）所定義的工作記憶。第四，對知識結構抱持複雜信念者有較佳的批判思考技巧表現，此結果可以解釋整體知識論信念為何不具有顯著預測力。最後，工作記憶及知識論信念對批判思考技巧表現無顯著的交互作用效果。我們提出本研究結果在教學實務上的意涵並討論未來研究方向。

關鍵詞：批判思考技巧、知識論信念、短期記憶、工作記憶

* 1. 通訊作者：許崇憲，bluefree@mail.cjcu.edu.tw。

2. 作者感謝科技部經費補助（計畫編號：MOST107-2410-H309-005），文責自負。

本研究以大學生為樣本，檢驗工作記憶及知識論信念對批判思考技巧表現的預測力。研究動機有以下四點。

首先，批判思考是良好思考的構成要素之一（Norris & Ennis, 1989）。在公眾生活層面，當今資訊時代資訊龐雜，批判思考是當代民主社會公民必要的能力（ten Dam & Volman, 2004）。在學校教育層面，批判思考與學業表現有正相關（Ghanizadeh, 2017），顯見批判思考的重要性。

批判思考能力的運作需要個體具有領域特定及領域一般知識、批判思考意向、以及批判思考技巧（Halpern & Sternberg, 2020）。美國哲學學會邀請 46 位不同領域的學者，利用 Delphi 法，對批判思考的定義討論出共識（Facione, 1990），此共識偏重批判思考意向及技巧等兩部分。然而，大學生自評有非常良好的批判思考意向，批判思考技巧表現卻僅於中等或中上程度（Din, 2020）。此研究彰顯即使學生有意展現批判意向，但可能因為批判思考技巧不足，使得批判思考的品質未達理想。但另一方面，兩篇後設分析研究發現批判思考技巧是可以被教導的（Abrami et al., 2015; Niu et al., 2013），Dyer 與 Hall（2019）發現以偽科學信念為材料教導學生批判思考技巧，比單純的科學研究方法訓練，更能降低學生的偽科學信念。因此本文以批判思考技巧為主要研究變項，期待研究結果將有助於精進批判思考的教學設計。

其次，批判思考表現容易受到個人因素的干擾。例如批判思考過程中需要個人審視各項證據及論述的合理性及真實性，但個人對科學證據的接受程度受到意識形態、價值觀、世界觀、陰謀論信念、既得利益、個人認同、族群認同、以及各種恐懼所影響（Hornsey & Fielding, 2017）。在世界觀部分，個人的知識論信念影響批判思考表現（Schraw, 2001），以哥白尼為例，若他堅信天動說是確定的，則不會省思地球是宇宙中心的教條，更不會提出不同於天主教會主張的地動說。本研究將檢驗知識論信念對批判思考技巧的預測力。過去研究已證實知識論信念對學業表現有正向預測力（Greene et al., 2018; Hofer & Pintrich, 1997），本文另闢蹊徑，討論知識論信念與推理表現之間的關係，這將是本研究的貢獻之一。

第三，除了個人知識論信念影響批判思考表現外，許崇憲（2000）評閱文獻之後，發現認知能力亦具有影響。然而，他所評閱的文獻以口語及字彙能力代表認知功能，批判思考運作過程中不只需要語文能力，還要能夠對各種訊息進行分析及評價，這些認知運作幾乎是在工作記憶（working memory）中進行（Halpern, 1998）。所以我們將探究工作記憶對批判思考技巧表現的影響。

最後，Daneman 與 Hannon（2001）發現知識論信念與工作記憶廣度對閱讀理解表現有交互作用影響。他們發現工作記憶廣度較低的參與者如果有較為複雜的知識論信念，仍有較佳的閱讀理解表現。本研究將檢驗此交互作用效果是否也出現在批判思考技巧表現上。

鑒於上述說明，本研究探討知識論信念與工作記憶對批判思考表現的預測力，期望研究結果有助於設計批判思考教學介入計畫或方案，不只關注批判思考本身，還能考慮到學習者因素。若如本研究的預測，工作記憶及知識論信念影響批判思考技巧表現，教學設計者應該針對學習速度較慢或者工作記憶廣度小的學習者，調整教學速度或者教材內容呈現方式，或者先改變知識論信念。以下將分別介紹批判思考技巧、工作記憶及知識論信念的內涵，並根據這些概念的內涵，提出本研究假設。其次說明研究方法。再其次，呈現本研究的分析結果，最後陳述本研究的結論及限制。

（一）批判思考技巧

美國哲學學會整合來自教育學、哲學、社會科學及自然科學等領域的學者看法，確認批判思考的意義：

我們理解批判思考是基於證據、概念、方法學、各類判準、或脈絡性考量下有目的性的、自我調整的判斷，個體對這些考量進行詮釋、分析、評價、推論、以及解釋。批判思考本質上是一種探究工具。……批判思考在意義上不等同於完美思考，而是一種廣泛的且自我矯正的人類現象。理想的批判思考者具有習慣性的的好奇心、見多識廣、信任理性、心胸開放、彈性、評價時心態公正、誠實面對自己的偏誤、審慎做出判斷、願意再三考量、對各種議題的本質了然於心、在複雜事務上仍勤勞地搜尋相關訊息、合理地選擇判準、並調查時能夠聚焦，並在調查的課題與環境允許下持續性追求準確結果……。（翻譯自 Facione, 1990, p. 3）

此項共識可區分為三部分，第一，認為批判思考是一種心智探究工具，個體運用既有的知識，思考生活環境所面對的議題，解決相關問題。第二，思考議題或者問題解決方法，必須保有批判思考意向，例如彈性、心胸開放、理性等。第三，運用一套批判思考技巧，例如詮釋、分析、評價、推論、解釋及自我調整等，釐清議題或問題，提出解決方法。

批判思考所運用的細部技巧，不同學者有不同的看法。美國哲學學會提出的批判思考定義裡，列舉六種批判思考技巧（表 1）（Facione, 1990）。Halpern（1998）歸納出多數批判思考技巧教學方案所教導的技巧包含了解如何確定現象的原因、確認並批判論述者的基本假定、分析手段及目標之間的關係、為結論提出辯護、評估不確定程度、根據更廣泛的架構整合多方資料、運用類比推理解決問題。她更進一步提出五大類批判思考技巧，包括口語推理技巧、論點分析技巧、假設考驗技巧、可能性及不確定性評估技巧、及決策與問題解決技巧。

表 1
批判思考技巧向度

葉玉珠等人（2000）及葉玉珠等人（2001）	華一葛批判思考量表（陳學志等人，2011）	美國哲學學會（Facione, 1990）
		詮釋（interpretation）
		分析（analysis）
評鑑（evaluation of arguments）	評價論點（evaluation of arguments）	評價（evaluation）
推論（inference）	推論（inference）	推論（inference）
解釋（interpretation）	解釋（interpretation）	解釋（explanation）
		自我調整（self-regulation）
辨認假設（recognition of assumptions）	辨認假設（recognition of assumptions）	
演繹（deduction）	推演結論（deduction）	

Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal（WGCTA）是最常被使用的批判思考技巧測驗工具之一（Niu et al., 2013）。陳學志等人（2011）將 WGCTA 修改為「華一葛批判思考量表」，內有五個分量表：推論、辨認假設、推演結論、解釋、評價論點。葉玉珠與她的同僚根據國內外文獻，發展出分別適合中小學生及成人的本土化量表（葉玉珠等人，2001；葉玉珠等人，2000），皆包含辨認假設、推論、演繹、解釋、評鑑等五種技巧，與「華一葛批判思考量表」相同，但「deduction」的中文翻譯不同。Bernard 等人（2008）蒐集 13 篇使用 WGCTA 且呈現各分量表之間相關係數的研究，後設分析結果顯示此五個分量表之間具有顯著相關；另有 60 篇研究呈現 WGCTA 各分量表的平均數，主成分分析結果發現各分量表歸屬於同一個成分且主成分負荷量達顯著，顯示 WGCTA 具有極佳效度。

從表 1 可知各方對批判思考技巧的內涵有很高的共識。葉玉珠等人（2000）及陳學志等人（2011）將「interpretation」翻譯成「解釋」，是指參與者能根據題目所提供的資訊，判斷該題所敘述的結論是否依此而來。美國哲學學會區分出「interpretation」與「explanation」，我們依其意義內涵，將葉玉珠等人及陳學志等人的「interpretation」等同於美國哲學學會的「explanation」。在「華一葛批判思考量表」（陳學志等人，2011），評價論點是指區辨論點強弱；推論是指判斷資料的真實性或虛假程度；解釋是指判斷資料與結論之間的連結程度；辨認假設是指辨認陳述背後未敘明的假設；推演結論是指根據現有訊息判斷結論的正確性。

批判思考是問題解決歷程中的必要元素（徐建國，2004）。Halpern（1998）強調批判思考的目的性，為了解決問題，達成目標，個體必須形成推論、計算可能性並做出決策，並時常反思自己的認知歷程。亦即在解題過程中，個體必須記住解題目標以及各種可用的訊息，規劃解題方案，依需要從長期記憶提取所需訊息，或者抑制題目情境中的不相干訊息。整個過程都是在工作記憶裡完成（Hambrick & Engle, 2003; Morrison, 2005）。就批判思考本身的運作來看，在目的性觀點下，「批判」不是要找出錯誤，而是提供有利於改善思考過程的正確回饋；「思考」不限於判斷、分析、及整合，而是更擴及於反省、敏感於環境脈絡、及自我監控。由此看來，個體必須必備強大的心智運作能力，才能執行完整的批判思考。以下說明工作記憶內涵並提出研究假設。

（二）工作記憶

Atkinson 與 Shiffrin (1968) 提出一套記憶模式，區分出記憶庫及控制系統兩大類。記憶庫依序是感官記憶庫 (sensory register)、短期記憶庫 (short-term store)、及長期記憶庫 (long-term memory)；三種記憶庫之間由各種控制歷程處理外在刺激或訊息。感官刺激經過編碼後形成心智表徵，留存在短期記憶，以回應當下情境的需要，或者經歷精緻化複誦，儲存進長期記憶庫，以利日後提取使用。Atkinson 與 Shiffrin 以「工作記憶」來描述發生在短期記憶庫的控制歷程。

Baddeley 與 Hitch (1974) 以工作記憶—長期記憶的觀點，取代 Atkinson 與 Shiffrin (1968) 的短期記憶—長期記憶觀點，並確認工作記憶有三項組成要素，分別是語音迴圈 (phonological loop)、視覺空間模板 (the visuospatial sketchpad) 及中央執行系統 (the central executive)。語音迴圈負責儲存與語音有關的訊息，訊息性質可能是文字或數字，呈現方式可能是口語或者書面。在中文體系內，語音迴圈亦能處理語意性刺激 (陳湘淳等人, 2015)。視覺空間模板負責儲存視覺、空間、及身體運動等種類的訊息。Baddeley (2012) 認為中央執行系統的功能是執行注意力分配，協調並處理從語音迴路及視覺空間模板所輸送進來的訊息，或者從長期記憶中提取出相關訊息，一併協調處理以利做出決策，可能是行動反應，也可能是將訊息輸入長期記憶。

雖然語言及視覺圖像都是傳達訊息的極佳工具，但是人類學會如何使用語言之後，幾乎都是以語言來進行推理思考，而且不同的文化有不同的語言文字系統，後者彰顯不同文化的個體有不太相同的思維邏輯特色 (Bloom & Keil, 2001)，所以本研究僅檢驗語音工作記憶對批判思考技巧的影響。

目前少有實證研究探討工作記憶對批判思考技巧表現的影響，但如前說明，批判思考是一個問題解決的歷程 (徐建國, 2004)，不少實證研究支持工作記憶對解題表現有正面影響。Copeland 與 Radvansky (2004) 以大學生為參與者，檢驗工作記憶及三段論推理作業表現之間的關係，發現在簡單作業上，工作記憶廣度與三段論推理正確性無顯著相關，但在困難作業上則顯著；依變項換成參與者的作答時間，發現在困難作業上，工作記憶與作答反應時間無顯著相關，但在簡單作業上，兩者為顯著負相關。Copeland 與 Radvansky 認為此結果意味工作記憶廣度高的參與者面對較為困難或者不熟悉的三段論推理作業，採用較為複雜的策略，逐一檢視三段論中每項前提的訊息，建立可能的結論與並與其他替代性結論進行比較檢視，所以在困難作業上，高工作記憶廣度者的正確性較高。但精熟這套推理原則後，發展出作業解題捷徑，高工作記憶者較能快速地表現正確答案。Barrouillet 與 Lecas (1999) 分別對三、六、九年級的學生實施條件推理作業，結果發現在需要較多心智步驟的作業上，工作記憶廣度高的參與者有較佳表現。

工作記憶亦有助於數學問題的解決。Swanson 與 Fung (2016) 以小學三年級學生為參與者，發現工作記憶三要素中的中央執行系統及語音迴圈直接預測參與者的數學文字題解題表現，並透過算術計算、閱讀、對文字題中各項元素的理解、概算、估計、數字唱名速度、及抑制能力，發揮正向間接的影響力。即使是簡單的算術題，如果需要參與者執行一連串的步骤，才能得到答案，參與者會因為工作記憶資源的不足，需要外在記憶輔助。Cary 與 Carlson (2001) 將大學生參與者分派到記憶外在輔助組 (給予筆紙做運算紀錄) 及無輔助組 (不允許做紀錄)。每位學生完成五組算術題，每組 12 道，每道 12 個步驟。Cary 與 Carlson 分析兩組學生的解題正確性，沒有發現有顯著差異，且都隨著練習次數增多，正確性亦提升。但在解題時間上，於前兩組算術題，無輔助組的解題時間顯著多於外在輔助組，但於後兩組算術題則無顯著差異。因此 Cary 與 Carlson 認為參與者愈來愈熟練管理內在及外在在工作記憶資源。

但是工作記憶不同元素對推理問題的解決有不同的影響。Hambrick 與 Engle (2003) 評閱文獻，認為語音迴圈及視覺空間模板對推理作業表現的影響沒有對閱讀理解來得重要，中央執行系統對參與者的推理表現較具有影響力。然而其他實證研究卻有不一樣的發現。Chuderski 與 Necka (2012) 將工作記憶的運作機制區分為三種：初級記憶 (primary memory) 是指個體在短暫時間內維持並操弄數量有限的資訊；二階記憶 (secondary memory) 是指經由策略性搜尋及提取歷程來觸接或回憶長期記憶中的訊息；執行控制 (executive control) 負責根據個體內在目標，組織並協調其他心智狀態及歷程。他們發現初級記憶及執行控制顯著預測大學生參與者的推理作業表現 (由 Raven 氏圖形推理測驗及類比推理所組成)，二階記憶則無顯著直接預測力，而是經由初級記憶發揮間接預測效果。

工作記憶對認知思考的助益並非全面性，在需要參與者打破思考慣性的問題上，注意力控制佳

的參與者可能表現得較差。Van Stockum 與 DeCaro (2020) 認為認知彈性是高工作記憶者的特徵之一，因而表現出較佳的解題能力。他們如同 Chuderski 與 Necka (2012)，區分出三種工作記憶運作機制，發現初級記憶能力較佳的參與者，比較能在解決水罐問題時打破心向 (mental set) 的限制，二階記憶能力較佳的參與者反而較可能侷限在既有的解題方法框架中。初級記憶對打破心向的作用被注意力控制所調節，注意力控制愈佳者，初級記憶的正向作用愈被強化，但另一方面，二階記憶的負向作用亦愈被強化。Wiley 與 Jarosz (2012) 發現注意力控制不全然有正面助益，他們區分出分析性問題及創意性問題，前者以數學問題為例，後者以頓悟問題為例，注意力控制有助於前者，卻有損後者表現，這可能是因為頓悟問題較需要擴散性思考，注意力過於聚焦在問題本身的敘述上，反而無助於解題。

根據以上說明，工作記憶幾乎對所有的推理或者問題解決作業都有顯著的正向預測力，呈現出工作記憶的領域一般性功能。關鍵在於中央執行系統展現的注意力控制功能，使得與作業有關的訊息維持在一個高度被活化的狀態，並且抑制不相干的訊息 (Hambrick & Engle, 2003)。批判思考是在議題範圍限定之下有目的性的思維，個體關注並分析有關訊息，執行辨認假設、推論、演繹、解釋、評鑑等心智活動 (Facione, 1990)，依賴健全的注意力控制功能。因此本研究猜測工作記憶的助益效果應該也會顯現在批判思考作業上，研究假設 1：工作記憶正向預測批判思考技巧表現。其次，Atkinson 與 Shiffrin (1968) 的短期記憶概念強調對訊息的儲存，Baddeley 與 Hitch (1974) 的工作記憶概念強調對訊息的處理。雖然尚未有研究討論僅有訊息儲存功能的短期記憶是否影響推理表現，但是訊息處理必須以訊息的短暫儲存為基礎，我們推測短期記憶應該也能顯著預測批判思考技巧表現 (研究假設 2)。Daneman 與 Merikle (1996) 發現涉及訊息儲存及處理的工作記憶測驗比僅涉及訊息儲存的短期記憶測驗，與閱讀理解有顯著較高的關聯性。批判思考技巧測驗的作答必須以閱讀理解為基礎，我們預期短期記憶與批判思考的關聯性應該會低於工作記憶 (研究假設 3)。

本研究採用「華一葛批判思考量表」測量批判思考技巧，該項測驗的時間限定 30 分鐘，所以參與者批判思考技巧表現不佳，可能是因為訊息處理速度慢。另一方面，Kail (2007) 以國中小學生為研究對象，發現處理速度影響工作記憶表現，後者再影響參與者的推理表現。所以本研究將以處理速度為控制變項，以求工作記憶的淨預測力，並假設處理速度顯著影響批判思考技巧表現 (研究假設 4)。

(三) 知識論信念

歷代哲學家對於知識的本質以及獲取途徑，提出精闢見解，例如柏拉圖的理性主義論、亞里斯多德的經驗主義論、康德的純粹理性批判、黑格爾的正反合辯證法等 (溫明麗, 1994)。這些論述在哲學上統稱為知識論 (epistemology)。然而對於心理學家及教育學家，關心的重點不在於知識的本質以及如何證明其合理性 (justification)，更重要的是個體的知識論信念，即對知識本質及知識獲取途徑的看法，是否影響其學習方法、策略、以及成果表現。因此心理學家採用「個人知識論」 (personal epistemology)，突顯與哲學家的差異 (許嘉家、詹志禹, 2010)。

個體主觀信念如何影響其知識的建立，Schommer-Aikins (2004) 指出這類研究起始於 William Perry, Jr. 訪談哈佛大學生並追蹤他們四年大學經驗，Perry 於 1968 年發表結果，界定個體知識論信念的發展經歷四個階段 (Hofer & Pintrich, 1997)。在二元論 (dualism) 階段，個人抱持絕對的世界觀，認為知識有截然的對錯之別，權威擁有正確的知識且傳遞給學習者。在多元性 (multiplicity) 階段，開始認知到知識的多元性及不確定性，權威不一定是全知的，所有觀點都有被表達的權利。在相對主義 (relativism) 階段，個體注意到知識的產生有其脈絡性，可能持續地被修改，並且體認到自己可以主動地對外在環境賦予意義，因此體認到知識可能是相對的，並逐漸確認對自己知識立場具有責任。在相對主義中的承諾階段 (commitment within relativism)，個體基於知識，做出並承擔對自己價值觀、生涯決定、人際關係、以及個人認同的承諾。

Perry (1968) 的研究啟發學者探討個體的知識論信念發展階段 (Hofer & Pintrich, 1997)，但 Schommer (1990) 另闢蹊徑，主張個人知識論是其知識及學習信念的集合，發展出知識論信念量表，包含四個因素：天生能力信念、簡單知識信念、快速學習信念、以及確定知識信念。Schommer 等人 (1997) 的縱貫研究發現參與者高中時表現出固定能力、簡單知識結構、學習速度快、知識是確定的等信念，大四時轉變為能力增長觀、複雜知識結構、知識是流動建構的等信念。

學者們在 Schommer 的基礎上，持續探討知識論信念還有哪些向度或因素。例如在 Schommer

(1990) 原先的想法,「知識的來源——無所不知的權威」是一個重要因素,但在因素分析之後知識權威所涵括的題目分散到其他因素。Hofer 與 Pintrich (1997) 整理六組學者的知識論信念模式,全部都包含「無所不知的權威」因素,許嘉家與詹志禹(2010)與 Tsai 等人(2011)針對臺灣高中生的研究亦納入此因素。但也有研究呈現更精簡的知識論信念因素結構,例如涂金堂(2017)以臺灣國小老師為參與者,發現簡單知識、確定知識、知識來源及識知辯證等四因素。Greene 與 Yu (2014) 以對知識的看法為主題,訪談生物及歷史科系的大學老師以及八年級學生,整理出五種知識論信念:簡單知識、辯護、確定知識、專家語言、以及知識的價值。

不同學者發展出來的知識論信念因素結構不同, Hofer 與 Pintrich (1997) 區分為兩大類,分別是知識論核心信念及關於學習、教學與智力的外圍信念,前者包括知識的本質及知道(knowing)的本質,後者與能力內隱理論(implicit theories of intelligence) (Yeager & Dweck, 2012) 有關,包括教與學的本質以及智力的本質。個體對學習、教學與智力的看法之所以被認定是「外圍的」,是因為與知識及知道歷程的本質無直接關聯。本研究根據這些類別的意義,將 Schommer (1990)、Hofer (2004)、Hofer 與 Pintrich 所界定的知識論信念元素,進行分類,製作表 2。Hofer 將知識來源與知識辯護歸類於「知道歷程的本質」向度, Schommer-Aikins (2004) 則歸類於知識本質信念,我們採用後者的歸類。

知識論信念各向度是一條連續線,一端是素樸的(naïve),另一端是複雜的(sophisticated)。素樸信念如同 Perry 二元論階段(Schommer-Aikins, 2004),複雜信念類似 Perry (1968) 多元性階段之後對知識本質的看法。Schommer-Aikins 認為各向度的發展速度不一致,例如可能主張知識是複雜的,但同時又認為知識是不會改變的,且只有天生能力好的人才能掌握豐富的知識。她亦認為無論是素樸或者複雜,知識信念強度過於極端不是最好,例如極端相信知識無法改變的人,可能不會接納新知識新技巧,但是極端相信知識是暫時性的人,可能沒有特定觀點,且在沒有中心思想下對所有經驗抱持開放態度,造成心智上的崩壞。

表 2
知識論信念各因素之內涵

主向度	次向度	知識論信念	素樸的 vs. 複雜的
核心信念	知識的本質	知識確定性	素: 知識是固定的, 是絕對真實存在的。 複: 知識是流動的, 現有知識只是暫時且會演變的, 隨時可能有新的詮釋。
		知識結構	素: 知識是零星片段事實的累積。 複: 概念之間具有高度的相關性, 彼此是相對的且具脈絡性的。
		知識來源	素: 知識由外在權威所傳授。 複: 學習者是知識意義的主動建構者。
	知道的本質	知識辯護	素: 知識的合法性或者被認可, 是來自於現象觀察、權威、或專家能力。 複: 知識的合法性來自於在特定脈絡下合理的研究規則及對專家的評估。
		智力的本質	能力天生 素: 個體的學習能力是與生俱來的。 複: 個體的能力可經由努力而增長。
	教與學的本質	學習速度	素: 知識可在短時間內學習, 若一開始不懂, 再多花時間也是無濟於事。 複: 知識的習得需經過漫長的歷程, 需經過充分的練習與實際應用。
外圍信念		追根究柢	素: 學習是簡單且單一歷程。 複: 學習歷程錯綜複雜, 需透過深入探究及社群討論。

知識論信念傾向素樸觀的個體認為知識是固定的、是零星片段簡單事實的累積、是權威所傳授，因此面對批判思考技巧測驗時，可能沒有全面考量題目訊息以及訊息之間的關聯性，便作出答案判斷。素樸觀者亦可能因為相信個人能力天生，可能知道答案的人經過簡單練習或思考後就能快速正確回答，所以素樸觀者可能會在短時間內馬上作出答案判斷，若短時間內無法思考出自認正確的答案便採用猜測方式。所以知識信念素樸觀的學生可能批判思考技巧表現較差。複雜信念者較會憑藉可信的證據，提出自己的主張，並與他人主張進行比較，表現較佳的批判思考品質（Schraw, 2001）。目前僅少數學者檢驗知識論信念與批判思考的關聯性，例如 Greene 等人（2018）的後設分析發現知識論信念與學業的論證表現有顯著關係。Chan 等人（2011）控制認知能力與思考風格後，發現素樸知識論信念較強的參與者，批判思考技巧表現較差（包含口語推理、論點分析、假設考驗、可能性評估及決策／問題解決），對受評故事所提出的論點品質也較差，但對自己論點卻較有信心，不認為與他們相反的論點是可信的。Ku 等人（2014）假設一項政府決策構想，檢驗個人知識論信念與學術權威對參與者意見的交互作用，發現素樸知識論者受到知識權威的影響，較不會提出不同的看法，而且提出的論點強度較弱。根據以上發現，本研究猜測知識論信念能顯著預測參與者的批判思考技巧表現，愈趨於複雜，表現愈佳（研究假設 5）。

Hofer 與 Pintrich（1997）將知識論信念區分出核心及外圍，我們猜測核心信念較能顯著預測批判思考技巧表現。Chan 等人（2011）的研究顯示僅能力天生及知識確定性信念對批判思考技巧表現具有顯著預測力，知識結構信念則否；但當以批判論述能力為依變項，僅知識確定性及知識結構具有顯著預測力。因此研究假設 6：不同知識論信念對批判思考技巧有不同的預測力。

（四）工作記憶與知識論信念的交互作用

知識論信念與工作記憶對思考表現有交互作用。Daneman 與 Hannon（2001）將大學生參與者區分出素樸的及複雜的知識論信念者，及高、低工作記憶廣度者，分析他們閱讀理解表現差異。結果發現工作記憶廣度高的參與者無論知識論信念屬於哪類型，都有較佳的閱讀理解；同樣都是工作記憶廣度低，持複雜信念的參與者比持素樸信念者有較佳的閱讀理解。Burton 與 Daneman（2007）探討原因，以工作記憶廣度在平均值以下的大學生為參與者，區分出知識論信念複雜者及素樸者，追蹤他們閱讀文章時的眼球移動情形。發現當閱讀材料是熟悉的時候，複雜者及素樸者在閱讀過程中回過頭閱讀之前段落的时间沒有顯著差異，但對於不熟悉的閱讀材料，複雜信念者比素樸者更會回頭閱讀之前的段落。另外，複雜者也比素樸者更會回頭閱讀有關聯的段落。也就是說，知識論信念可以彌補工作記憶廣度有限的不足，工作記憶廣度低者但持複雜知識論信念者意識到自己所記憶的資訊量不足，但因為認為知識概念之間是連結的、脈絡的、意義由讀者主動建構的，所以較會採用策略性的往回讀，補足對相關聯訊息或知識的掌握。

雖然 Daneman 與同僚（Burton & Daneman, 2007; Daneman & Hannon, 2001）的這兩項研究並未檢驗工作記憶與知識論信念的交互作用對批判思考技巧表現的預測力，但閱讀理解及批判思考技巧同為認知表現，參與者完成批判思考技巧測驗亦需理解題本內容，我們推測工作記憶與知識論信念的交互作用是存在的，工作記憶廣度不佳的參與者在接受批判思考技巧測驗時，知識論信念複雜者比素樸者有較佳的表現（研究假設 7）。

方法

（一）研究對象

本研究在臺南市三所高等教育體系的大學招募參與者，這三所學校分別代表不同學業成就族群。對於全程完成所有測驗或量表者，給予新臺幣 150 元；未完成者，給予 80 元。對於非來自研究者任教學校的參與者，額外給予交通費 50 元。

研究助理於 Dcard 以及臉書的三所大學頁面，張貼研究參與者招募資訊，並陳述本研究已通過成功大學人類研究倫理審查委員會的審查，以大學部學生為對象。參與者被告知施測過程中，隨時可以退出，已經填寫的問卷不會輸入電腦檔案。無參與者在任何階段要求退出。研究者以口頭及書

面方式，向參與者表示其個人隱私獲得保障。

經由上述過程，招募到 161 名參與者，三校分別為 67、65 名及 29 名；男性 51 名、女性 110 名；一到五年級分別有 33、28、50、43、及 7 名。年齡最小是 18 歲，最高是 28 歲，平均為 20.87 歲（ $SD = 1.53$ ）。但有一位參與者於知識論信念量表上漏答 1 題，故有 160 位參與者的資料納入分析。

（二）程序

進行施測之前，研究者招募兩位大學部四年級學生擔任研究助理，以兩星期時間進行研究倫理及研究程序的訓練及演練。演練期間，在研究者的監督下，彼此擔任模擬參與者，並另邀六位同學擔任模擬參與者，此六位模擬參與者得到 150 元參與費，所有模擬參與者的資料未納入分析。

本研究採取個別施測，施測地點是研究者任教學校的團體施測室。整個施測過程分成三個階段，約 60 分鐘。第一是等待階段，參與者在施測室旁的小房間，向第一位助理報到，助理查核確認身分後，遞交問卷說明頁，說明研究目的及其權利義務，並回答參與者的提問。

第二是施測階段，由與參與者相同性別的助理執行。首先是個人資料及知識論信念量表。參與者填寫完，由助理收回。其次是工作記憶廣度測驗及執行功能測驗，最後是批判思考技巧測驗，這兩部分的測驗實施前，助理告知參與者最後幾道題目可能會有點難度，請盡量作答，因為這些測驗只是認知能力測驗的其中幾種，所以作答結果不能完全代表他們的認知能力，請不要受到影響。每完成一項測驗便由助理收回紀錄本。

第三是結束階段，參與者回到施測室旁的小房間，第一位助理再次說明本研究目的以及參與者的權利義務，並請參與者於紙本填寫包含身分證字號及戶籍地在內的個人資料，以利核銷。助理向參與者說明這些資料繳交給本校會計室，研究者不會留存正本及影本，這些資料依本校會計室規定在保存年限到期後銷毀。參與者領取研究參與費及交通費後，助理再度告知若對本研究有任何問題，歡迎與研究者聯繫。

（三）變項測量

1. 基本資料

參與者填寫學校校名、學系系名、以及出生年月，此三者是開放式回答。性別及年級則由選項中挑選。

2. 知識論信念

本研究採用許嘉家與詹志禹（2010）編製的「高中職個人知識論信念量表」，含括 5 個向度、37 題。我們取得研究者的授權使用。本研究採四等第：「非常同意」，4 分；「同意」，3 分；「不同意」，2 分；「非常不同意」，1 分。本研究對反向題進行反向計分，計算各分量表以及總量表的平均數，分數愈高，表示參與者愈傾向素樸知識論信念。

本研究重新計算此知識論信念量表的 Cronbach's α 內部一致性信度。「知識確定性」分量表有 8 題，例題為「我認為，對的事是不會改變的」，Cronbach's α 係數為 .65；「知識簡單性」分量表有 8 題，例題為「我認為知識與知識間是有關係存在的」（反向題），Cronbach's α 係數為 .64；「無所不知的權威」分量表有 5 題，例題為「即使不瞭解專家給的指導或解答，我只要接受就可以」，Cronbach's α 係數為 .63；「學習能力天生」分量表有 8 題，例題為「我覺得學不會的事，多練習不會有幫助」，Cronbach's α 係數為 .73；「學習速度快」分量表有 8 題，例題為「成功的人學習的速度比較快」，Cronbach's α 係數為 .52。全部 37 題的 Cronbach's α 係數為 .86。除了「學習速度快」分量表的內部一致性信度較差外，其餘分量表及總量表的信度皆可被接受。

3. 工作記憶廣度

本研究採用魏氏成人智力量表第四版（中文版）的第三項分測驗記憶廣度，該分測驗包含數字順序背誦（8 題）、數字逆序背誦（8 題）、數字排序背誦（8 題），每項背誦作業最高廣度為 9。

每一題有兩個嘗試，每答對一個嘗試得 1 分，滿分為 48 分。本研究亦採用第六項分測驗數一字序列測驗，施測者說出一組刺激，包含數字及生肖動物，參與者被要求先說數字再說動物名稱且都必須排序，共 10 題，每題有 3 個嘗試，每答對一個嘗試得 1 分，滿分為 30 分，最高廣度為 8。研究助理依據指導手冊的指導語，執行測量程序。研究者除了計算參與者在各作業上的原始分數及廣度分數外，並依指導手冊，將參與者在這兩項分測驗轉換成工作記憶分數，包括量尺分數及百分等級（陳心怡等人，2015）。我們採用工作記憶百分等級。

數字順序背誦測驗只需參與者儲存並複誦所接收到的數字訊息，即為僅測量參與者的短期記憶廣度。其他三項測驗則要求參與者除了儲存所接受的訊息外，還必須進行重新排序的心智處理，較為符合前述文獻探討提及的工作記憶概念。本研究將檢驗這四種記憶測驗分別對批判思考技巧表現的預測力，但魏氏智力測驗指導手冊並未提供分別提供這四種記憶測驗的量尺分數及百分等級，因此研究者計算參與者在各記憶作業上的答對率（答對嘗試數除以全部嘗試數）作為替代。

4. 處理速度

採用魏氏成人智力量表第四版（中文版）的第七項符號尋找分測驗及第十項符號替代分測驗。研究助理依據指導手冊，執行測量程序。依指導手冊，參與者在這兩項分測驗的原始分數被轉換為處理速度分數，同樣包括量尺分數及百分等級（陳心怡等人，2015）。本研究採用百分等級分數。

5. 執行功能

魏氏成人智力量表第四版僅測得工作記憶廣度，本研究採用臺灣版額葉評估量表中文版，單獨測量執行功能。該量表由王子蘭等人（2015）翻譯自「The Frontal Assessment Battery」（Dubois et al., 2000），共有六項分測驗，分別是相似性（概念形成）、字彙流利度（心智彈性）、動作序列（計畫）、衝突的指導語（易受干擾的程度）、做一不做（衝動控制）、理解行為（環境自主性）。內部一致性信度是 .68，分數隨正常老化而逐漸減退。每項分測驗為 0 到 3 分，共計 18 分，我們將參與者原始分數轉換成一般成人的百分等級常模。研究助理依指導手冊的指導語進行施測。

6. 批判思考技巧

本研究採用「華一葛批判思考量表」，此為陳學志等人（2011）修訂的 WGCTA 中文版，包含推論、辨認假設、推演結論、解釋及評價論點等五個分量表，共 40 題。陳學志等人報告內部一致性信度介於 .51 到 .65 之間。研究助理依指導手冊的指導語，進行施測。我們將參與者總量表分數轉換成百分等級。由於指導手冊未提供各分量表的百分等級，我們將參與者在各分量表上答對題數除以該分量表總題數，作為各分量表分數，以利分析工作記憶等變項對批判思考技巧各項元素的預測力。

（四）資料處理

首先進行描述性統計，呈現工作記憶廣度、處理速度、執行功能、知識論信念及批判思考技巧的平均數及標準差，並報告這些變項的 Pearson 積差相關係數。我們計算這些變項的偏態值及峰度值，以偏態值的絕對值小於 2 且峰度值的絕對值小於 7 為常態分配判斷標準（邱皓政，2011），本研究參與者在上述所有變項的作答皆達常態分配，但基於篇幅限制，未呈現這些數據。

其次，採用多元迴歸分析，檢驗在控制處理速度之後，工作記憶廣度、執行功能、及知識論信念對批判思考技巧的預測力，考驗研究假設 1、4 及 5。再進一步檢驗工作記憶四項分測驗的預測力，探討短期記憶廣度及工作記憶廣度的預測力優劣，考驗研究假設 2 及 3；檢驗知識論信念五大元素對批判思考技巧的預測力，考驗研究假設 6。我們合併預測力達顯著的工作記憶分測驗及知識論信念元素，檢驗兩類變項的共同解釋力。本研究呈現迴歸係數到小數點後第二位為原則，但若干達顯著的迴歸係數若只取小數點後第二位則為 .00，所以這類迴歸係數及其標準誤數值呈現到小數點後第三位。

再其次，前述統計分析過程發現能力天生信念正向預測批判思考表現，相反於研究假設，因此我們先以 95% 信賴區間估計及次數分布，分析本研究參與者的知識論信念傾向。若是複雜信念者為多數，則分析結果有範圍限制（range restriction）的疑慮，前述相關分析及迴歸分析結果可能有偏頗。因此我們將再以中間數 2.5 為分界點，執行變異數分析，比較素樸信念者及複雜信念者的批判思考表現是否有顯著差異。

整體批判思考技巧表現是由五項子技巧所構成，因此討論整體批判思考表現與工作記憶、知識論信念的關係時，以 $p < .05$ 為顯著水準；討論各項批判思考技巧與工作記憶、知識論信念的關係時，以 $.01$ 為顯著水準。但為求呈現方便起見，我們仍依一般方式呈現各項係數的顯著水準，但文字說明時才會彰顯顯著水準標準的不同。

最後，以迴歸分析檢驗知識論信念與工作記憶交互作用的預測力。將前述步驟中顯著預測批判思考表現（百分等級）的工作記憶作業及知識論信念互乘，與前述步驟中顯著的個別變項一同列入迴歸方程式，檢驗研究假設 7。

結果

（一）描述性統計及積差相關分析

表 3 呈現知識論信念等 5 個變項的描述性統計結果及相關係數。知識論信念平均數 1.92，意味本研究參與者多持複雜信念。工作記憶廣度平均為 48；處理速度平均為 59，批判思考技巧表現平均為 59，顯示本研究樣本的訊息處理速度及批判思考表現略優於多數人；執行功能平均為 83，優於多數人。相關係數矩陣顯示，知識論信念與其他四個變項沒有顯著關聯性，其他四個變項之間的相關程度介於 .20 與 .40 之間。

表 4 顯示批判思考各項技巧表現之間的關聯性。推論等五項技巧與整體批判思考表現皆有顯著相關，係數介於 .44 與 .72 之間。評價論點與其他四項技巧之間的相關係數未達顯著，其他相關係數多數皆達 $p < .01$ 顯著水準。

表 3
知識論信念、工作記憶廣度、處理速度、執行功能及批判思考技巧的描述性統計及積差相關係數矩陣

變項	知識信念	工作記憶	處理速度	執行功能	批判思考
工作記憶	-.14				
處理速度	-.07	.21**			
執行功能	-.03	.25**	.20*		
批判思考	-.07	.40***	.25**	.28***	
平均數	1.92	47.71	58.72	82.74	58.89
標準差	0.26	28.64	27.52	8.37	28.91

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

表 4
批判思考各項技巧之間的描述性統計及積差相關係數矩陣

變項	批判思考	推論	辨認	推演	解釋	評價
推論	.61***					
辨認假設	.45***	.09				
推演結論	.72***	.37***	.23**			
解釋	.68***	.28***	.22**	.43***		
評價論點	.44***	.09	.13	.06	.02	
平均數	58.89	0.49	0.92	0.75	0.62	0.65
標準差	28.91	0.19	0.11	0.18	0.23	0.17

註：批判思考為百分等級分數，推論等批判思考子技巧為答對率。

** $p < .01$. *** $p < .001$.

表 5 顯示批判思考各項技巧與工作記憶各項作業之間的關係。整體批判思考表現與工作記憶各項作業的相關係數介於 .28 與 .37 之間，皆達 $p < .001$ 顯著水準。推論、推演結論及解釋與多數的工作記憶作業的相關係數達顯著，辨認假設未與任何工作記憶作業有顯著關聯性。表 6 呈現批判思考各技巧與處理速度、執行功能之間的相關係數，僅辨認假設與這兩個變項未有顯著相關。

表 7 顯示批判思考各技巧與知識論信念各元素之間的關聯性，整體批判思考與知識簡單性、知識確定性為顯著負相關，意味在這兩個元素上愈抱持複雜信念者批判思考技巧表現較佳。整體批判思考與能力天生、學習速度快信念為顯著正相關，意味在這兩個元素上愈抱持複雜信念者，批判思考技巧表現較差。推論、推演結論及解釋等三技巧與知識確定性、知識簡單性信念為顯著負相關，辨認假設與能力天生、學習速度快信念為顯著正相關。

表 5
工作記憶各項測驗表現與批判思考技巧的積差相關係數矩陣

變項	工作記憶	數字順序	數字逆序	數字排序	數一字序列
批判思考	.40***	.37***	.36***	.32***	.28***
推論	.21**	.23**	.18*	.14	.12
辨認假設	.09	.12	.09	.06	.09
推演結論	.30***	.31***	.31***	.22**	.19*
解釋	.39***	.34***	.37***	.32***	.23**
評價論點	.13	.00	.06	.13	.20**
平均數	47.71	0.88	0.64	0.65	0.72
標準差	28.64	0.10	0.20	0.13	0.12

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

表 6
處理速度、執行功能與批判思考技巧的積差相關係數矩陣

變項	處理速度	執行功能
批判思考	.25***	.28***
推論	.17*	.11
辨認假設	.12	.06
推演結論	.23**	.21**
解釋	.18*	.20*
評價論點	.04	.18*

註：批判思考為百分等級分數，推論等批判思考子技巧為答對率。

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

表 7
知識論信念各元素與批判思考技巧的積差相關係數矩陣

變項	知識信念	確定性	簡單性	權威	能力天生	速度快
批判思考	-.07	-.26***	-.30***	-.15	.18*	.17*
推論	-.02	-.16*	-.16*	-.12	.16*	.13
辨認假設	.09	-.12	-.09	.11	.23**	.16*
推演結論	-.22**	-.29***	-.25**	-.22**	-.07	-.02
解釋	-.08	-.22**	-.28***	-.13	.17*	.10
評價論點	.01	-.01	-.06	-.04	.05	.09
平均數	1.92	1.82	1.69	1.96	2.12	2.01
標準差	0.26	0.32	0.32	0.40	0.41	0.33

註：批判思考為百分等級分數，推論等批判思考子技巧為答對率。

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

(二) 多元迴歸分析

表 8 顯示控制處理速度之後工作記憶容量與執行功能對批判思考技巧的預測力。以整體批判思考技巧表現為依變項，訊息處理速度、工作記憶容量及執行功能的迴歸係數皆為顯著正值，意味個體在這三變項上愈佳，批判思考技巧表現亦愈佳。知識論信念對整體批判思考技巧表現無顯著預測力。

再細分各項批判思考技巧，處理速度等四個變項對推論、辨認假設及評價論點的預測力皆未達顯著。控制訊息處理速度之後，工作記憶容量對推演結論及解釋技巧的預測力達 $p < .01$ 顯著水準，亦即工作記憶容量愈大，推演結論及解釋的技巧表現愈佳，標準化迴歸係數分別為 .24 及 .35。

表 9 顯示控制處理速度之後工作記憶各項作業對批判思考技巧的預測力。以整體批判思考技巧表現為依變項，數字順序作業、數字逆序作業及執行功能的迴歸係數皆達顯著，個體在這三變項上愈佳，批判思考技巧表現亦愈佳。

再細分各項批判思考技巧，數字順序背誦表現顯著正向預測參與者在推演結論及解釋技巧上的表現，數字逆序背誦表現正向預測參與者在解釋技巧上的表現。此結果意謂短期記憶容量與在短時間內訊息能被處理的容量，對批判思考有正向預測力，但並非所有批判思考技巧都受益。

表 8
工作記憶及知識論信念對批判思考技巧表現的預測力

自變項	批判思考	推演結論	解釋
截距	-10.93 (25.98)	0.65 (0.16)	0.25 (0.21)
處理速度	0.16 (0.08)*	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
工作記憶	0.33 (0.08)***	0.001 (0.000)**	0.003 (0.001)***
執行功能	0.58 (0.26)*	0.003 (0.002)	0.00 (0.00)
知識論信念	-1.48 (8.06)	-0.12 (0.05)	-0.02 (0.07)
R^2	.22	.17	.17

註：批判思考為百分等級分數，推演結論及解釋技巧為答對率。括弧外是非標準化迴歸係數，括弧內是標準誤。分別以推論、辨認假設及評價論點答對率為依變項的方程式中，沒有任一個自變項達 $p < .01$ 顯著水準， R^2 值分別為 .06、.03、.02 及 .04，為節省篇幅，未呈現這三條方程式的迴歸係數。

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

表 9
工作記憶各項作業對批判思考技巧表現的預測力

自變項	批判思考	推演結論	解釋
截距	-97.48 (26.58)	0.00 (0.17)	-0.36 (0.22)
處理速度	00.14 (0.08)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
數字順序	73.83 (22.40)***	0.40 (0.14)**	0.48 (0.18)**
數字逆序	29.24 (13.59)*	0.20 (0.09)*	0.29 (0.11)**
數字排序	2.51 (21.77)	-0.09 (0.14)	0.16 (0.18)
數一字序列	7.12 (24.25)	-0.03 (0.16)	-0.12 (0.20)
執行功能	0.70 (0.26)**	0.004 (0.002)*	0.00 (0.00)
R^2	.27	.19	.22

註：批判思考為百分等級分數，推演結論及解釋技巧為答對率。括弧外是非標準化迴歸係數，括弧內是標準誤。分別以推論、辨認假設及評價論點答對率為依變項的方程式中，沒有任一個自變項達 $p < .01$ 顯著水準， R^2 值分別為 .09、.14、.03 及 .06，為節省篇幅，未呈現這三條方程式的迴歸係數。

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

表 10
知識論信念各元素對批判思考技巧表現的預測力

自變項	批判思考	解釋
截距	77.53 (15.98)	0.79 (0.13)
確定性	-15.82 (8.82)	-0.10 (0.07)
簡單性	-22.39 (8.02)**	-0.17 (0.07)**
權威	-10.98 (6.83)	-0.07 (0.06)
能力天生	17.24 (7.00)*	0.16 (0.06)**
速度快	16.40 (8.57)	0.04 (0.07)
R^2	.22	.17

註：批判思考為百分等級分數，解釋技巧為答對率。括弧外是非標準化迴歸係數，括弧內是標準誤。分別以推論、辨認假設、推演結論及評價論點答對率為依變項的方程式中，沒有任一個自變項達 $p < .01$ 顯著水準， R^2 值分別為 .11、.11、.11 及 .02，為節省篇幅，未呈現這四條方程式的迴歸係數。

* $p < .05$. ** $p < .01$.

表 10 顯示以整體批判思考技巧表現為依變項，知識簡單性信念具有顯著的負向預測力，亦即參與者愈傾向認為不同知識之間具有相關性及脈絡性，整體批判思考表現愈佳。再細分各種批判技巧，知識簡單性信念對解釋技巧表現具有負向預測力，能力天生信念對解釋技巧具有正向預測力。

表 9 及表 10 相同的依變項是批判思考技巧及解釋技巧，我們以這兩者為依變項，以表 9 及表 10 中對批判思考技巧表現有顯著預測力的變項為自變項，進行迴歸分析，檢驗原本具有顯著預測力的變項在新方程式中是否因為多元共線性而變得不顯著，結果呈現於表 11，原本能顯著預測整體批判思考表現及解釋技巧的變項仍達顯著，知識簡單性信念在此新方程式中負向預測推論技巧表現，執行功能在新方程式中正向預測解釋技巧表現。

（三）再探能力天生信念的預測力

前述統計分析發現知識論信念對批判思考表現無顯著預測力。細分出不同信念元素，發現知識簡單性信念負向預測批判思考表現，能力天生信念具有正向預測力，前者支持研究假設，後者則否。能力天生信念與整體知識論信念的相關程度達顯著（ $r(159) = .78, p < .001$ ），與知識確定性信念、簡單性信念、權威信念、學習速度快信念亦達正相關（ $rs(159) = .34, .24, .48, .66, ps < .01$ ）。因此，能力天生信念與批判思考表現的相關方向，與其他知識論信念內涵不同，顯得較為奇特。以下進一步分析能力天生信念的預測力。

各知識論信念元素的部分描述性統計結果整理於表 12，各元素的最小值是 1，最大值為 3.25；以中間值 2.5 為考驗值，信賴區間估計結果顯示本研究參與者的知識論信念無論是整體或者於各元素，都是趨向於複雜。人數分布可佐證信賴區間估計結果，能力天生元素的素樸信念者人數似乎高於其他信念。

將能力天生信念分數未高於 2.5 者定義為複雜信念者，將高於或等於 2.5 者定義為素樸信念者，以變異數分析比較這兩群人在整體批判思考及各技巧的表現是否有顯著差異，發現這兩群人的批判思考變異數是同質的，素樸信念者與複雜信念者在各項技巧及整體技巧上無顯著差異（整體技巧以 $p < .05$ 為顯著水準；由於有 5 項技巧，所以各項技巧以 $p < .01$ 為顯著水準）。所以能力天生信念無法顯著預測批判思考表現。

我們對權威信念及學習速度快信念（各有 10 人以上抱持素樸觀），也進行上述分析步驟，未發現這兩種信念的素樸觀參與者與複雜觀參與者在批判思考表現上有顯著差異。因此，連同第二部分的迴歸分析結果，僅知識簡單性信念能顯著預測批判思考表現，但從表 12 可知，這顯著的預測力僅限於複雜信念者。

（四）知識簡單性信念與工作記憶的交互作用

我們以表 11 為基礎，刪除能力天生信念，增加知識簡單性信念分別與數字順序記憶、數字逆

序記憶、執行功能的交互作用，執行迴歸分析。無論是以整體批判思考表現或者解釋技巧表現為依變項，沒有任何一個自變項具有顯著預測力。這可能是因為交互作用項與其他變項之間具有多元共線性，所以我們採用逐步迴歸分析（stepwise regression），探索性檢驗在控制個別變項的預測力之後以上三個交互作用項是否仍達顯著，結果呈現於表 13。

表 13 呈現以整體批判思考表現為依變項，沒有任何交互作用項被選入方程式中。以解釋技巧為依變項，僅知識簡單性信念與數字逆序背誦的交互作用項選入方程式中，且迴歸係數 -0.26 達 $p < .01$ 顯著水準。對於知識結構愈抱持複雜信念的參與者若數字逆序背誦表現愈佳，解釋技巧表現愈好。

表 11
工作記憶及知識論信念對批判思考技巧表現的聯合預測力

自變項	批判思考	解釋
截距	-73.39 (26.82)	-0.22 (0.22)
數字順序	77.51 (20.62)***	0.53 (0.17)**
數字逆序	26.62 (10.39)*	0.24 (0.09)**
執行功能	0.76 (0.23)***	0.004 (0.002)*
簡單性	-28.18 (6.18)***	-0.21 (0.05)***
能力天生	15.16 (4.74)**	0.12 (0.04)**
R^2	.34	.55

註：批判思考為百分等級分數，解釋子技巧為答對率。括弧外是非標準化迴歸係數，括弧內是標準誤。

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

表 12
本研究參與者於知識論信念各元素的表現特徵

變項	參與者反應		信賴區間估計		< 2.5 的人數	≥ 2.5 的人數
	最小值	最大值	下限	上限		
知識信念	1.35	2.54	-.62	-.54	159	1
確定性	1.00	2.63	-.74	-.61	157	3
簡單性	1.00	2.25	-.88	-.75	160	0
權威	1.00	2.80	-.62	-.46	145	15
能力天生	1.00	3.25	-.47	-.30	132	28
速度快	1.13	3.00	-.56	-.42	144	16

註：信賴區間估計以中間值 2.5 為考驗值。知識論信念採 95% 信賴區間估計；由於知識確定性等五個信念元素組成整體知識論信念，所以這五個信念元素採 99% 信賴區間估計（ $\alpha/5$ ）。本研究知識論信念量表為 4 等第，所以中間值為 2.5，低於 2.5 的參與者為複雜信念者，等於或大於 2.5 的參與者為素樸信念者。

表 13
知識簡單性信念與工作記憶的交互作用：逐步迴歸分析結果

自變項	批判思考	自變項	解釋
截距	-57.25 (27.11)	截距	-0.39 (0.20)
數字順序	84.20 (21.11)***	數字逆序	0.70 (0.14)***
簡單性	-23.38 (6.17)***	簡單 * 逆序	-0.26 (0.08)**
執行功能	0.78 (0.23)**	數字順序	0.56 (0.17)**
數字逆序	26.92 (10.70)*	執行功能	-0.004 (0.002)*
R^2	.31	R^2	.27

註：批判思考為百分等級分數，解釋技巧為答對率。括弧外是非標準化迴歸係數，括弧內是標準誤。逐步迴歸分析是依自變項與依變項的關聯強度，依序選入方程式中或者依序排除，所以這兩條方程式自變項順序不同。

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

討論

本研究探討工作記憶與知識論信念對批判思考技巧表現的預測力，期望研究結果能作為批判思考教學設計的參考。我們招募三所一般大學的大學部學生接受個別施測，迴歸分析結果顯示在控制訊息處理速度之後，工作記憶廣度及執行功能顯著整體批判思考技巧表現，但知識論信念卻無顯著預測力。第二，進一步檢驗對批判思考各項技巧的預測力，僅工作記憶對推演結論及解釋技巧具有正向預測力。第三，本研究採用多種作業測量工作記憶，包含僅涉及訊息儲存的數字順序背誦作業、要求參與者儲存並處理訊息的數字逆序作業、以及不涉及記憶廣度的執行功能作業，參與者在這三項作業上的表現正向預測整體批判思考表現及推演結論技巧表現。最後，知識論信念 5 項因素中僅知識簡單性信念顯著預測批判思考表現及解釋，亦即對知識結構抱持複雜信念者有較佳的批判思考表現。

（一）工作記憶對批判思考技巧表現的預測力

批判性思考是現代公民必備的能力之一（ten Dam & Volman, 2004），另一方面學生學科知識學習成效亦與批判思考有顯著關係（Ghanizadeh, 2017），因此批判思考在目前教育場域具有關鍵性的地位。批判思考的內涵可區分為意向及技巧等兩大部分（Facione, 1990），過去研究發現各種提升批判思考技巧的教學方案是有效益的（Abrami et al., 2015; Niu et al., 2013），但我們進一步思考，批判思考是一個問題解決的歷程（徐建國, 2004; Halpern, 1998），涉及推理思考，應該與工作記憶及知識論信念有關，因此我們檢驗後兩者對批判思考技巧表現的預測力，預期我們的發現將有助於日後批判思考促進方案的設計。

本研究發現處理速度、工作記憶廣度及執行功能正向預測批判思考技巧表現，支持研究假設 1 及假設 4。個體執行批判思考各項技巧時，例如推論所接收到的訊息是否正確、辨認他人論述或主張背後的假設、綜整各項前提資料判斷結論是否可靠、區辨與某項議題有關論點的強弱程度等（陳學志等人, 2011），這些認知運作都是在工作記憶裡完成的（Baddeley & Hitch, 1974）。由於人類幾乎是以語言來進行推理思考（Bloom & Keil, 2001），所以是在工作記憶的語音迴圈儲存與批判思考有關的語文材料，並在中央執行系統協調並處理這些訊息，或從長期記憶裡提取相關訊息與這些暫存訊息進行整合。本研究結果支持此論點。過去研究發現工作記憶與三段論推理作業表現（Copeland & Radvansky, 2004）、條件推理作業表現（Barrouillet & Lecas, 1999）、數學問題解決（Cary & Carlson, 2001）、閱讀理解（Hambrick & Engle, 2003）有關，我們在這一系列的研究發現之後，增加批判思考技巧表現這一項。過去少有研究討論工作記憶與批判思考表現之間的關係，本研究增加我們對這項關係的理解，擴大我們對工作記憶影響力的認識。

本研究採用魏氏成人智力測驗第四版的工作記憶分數，該分數計算自兩項分測驗，分別是記憶廣度測驗（第三項分測驗）及數一字序列測驗（第六項分測驗），前者包含數字順序、數字逆序及數字排序等三種背誦作業。我們進一步檢視這三種背誦作業及數一字序列測驗對批判思考表現的預測力，發現在控制執行功能之後，僅數字順序背誦及逆序背誦正向預測工作記憶。數字順序背誦作業要求參與者覆誦一串數字，這是短期記憶表現，因此研究假設 2 獲得支持，研究假設 3 未獲得支持。數字逆序背誦作業要求參與者除了暫存一串數字，還要以相反的順序背誦出來，參與者需要儲存並處理這些數字訊息才能完成此作業，此作業表現工作記憶的運作特色。然而本研究並未發現數字排序背誦及數一字序列分測驗可顯著預測批判思考表現，一來可能是因為不同背誦作業表現之間的多元共線性，二來可能是因為批判思考技巧運作時不需要太強大的工作記憶能力。

表 5 顯示組成工作記憶分數的四項記憶作業與批判思考整體表現都有顯著相關，這四項記憶作業之間亦有顯著關聯（基於篇幅考量，未呈現相關係數），因此在多元共線性的影響下，排序背誦作業及數一字序列測驗表現的預測力不顯著。但是進一步思考，在多元共線性影響下，為何不是順序背誦及逆序背誦表現不達顯著？這意味著對於批判思考技巧表現，順序背誦及逆序背誦表現比另外兩種工作記憶作業更具有獨特的預測力。本研究此發現與其他探討工作記憶預測力的研究不相同。Daneman 與 Merikle（1996）以後設分析檢驗工作記憶與閱讀理解之間的關聯性，發現與僅運用到訊息儲存的短期記憶測驗相較，運用到訊息儲存及處理的工作記憶測驗與閱讀理解表現的相關

係數更高。運用到訊息儲存及處理的工作記憶測驗比僅涉及訊息儲存的短期記憶測驗，更代表較複雜及較佳的記憶能力，理應如 Daneman 與 Merikle 的發現，與各種認知表現的關係更為強烈。但本研究卻發現記憶運作更複雜的排序背誦及數一字序列測驗，對批判思考表現較無顯著預測力，過去研究未有此發現。我們認為有兩種解釋，第一，與其他推理及問題解決作業不同，批判思考技巧運作時可能僅需要短期記憶能力及基本的工作記憶能力，不要求更強力的工作記憶能力。第二，從 Daneman 與 Merikle 的研究可知，短期記憶及工作記憶有多種測量工具，本研究發現可能具有作業特定性，因此還需要採用其他記憶測量工具驗證是否仍能得到相似結果。

（二）知識論信念對批判思考技巧表現的預測力

除了工作記憶之外，我們檢驗知識論信念的預測力，結果發現知識論整體信念未能顯著預測批判思考技巧表現，不支持研究假設 5。知識論信念有 5 個因素，我們檢驗這五個信念因素的預測力，發現知識確定性及簡單性信念分別與批判思考表現的相關係數為顯著負值，能力天生信念及學習速度快信念分別與批判思考表現的相關係數為顯著正值，因此可以理解為何整體知識論信念為何無法顯著預測批判思考表現。我們進一步檢驗這 5 種知識論信念的預測力，發現僅知識簡單性信念具有顯著的負向預測力，支持研究假設 6。

知識論信念可區分為核心及外圍兩大類 (Hofer & Pintrich, 1997)，前者涉及知識及知道的本質，後者涉及智力及教與學的本質。本研究所採用的知識論信念量表中，知識的確定性、簡單性、權威來源等信念屬於核心信念，能力天生及學習速度快信念屬於外圍信念。我們發現僅知識簡單性信念負向預測批判思考技巧表現，然而本研究參與者在知識簡單性信念上，全部屬於複雜信念者（本研究採四等第量表，以絕對標準 2.5 為門檻），亦即本研究參與者全部傾向主張不同知識或者概念之間具有高度相關性，知識的合理程度依脈絡而定，此複雜信念愈強烈者愈有較佳的批判思考技巧表現。所以我們的發現不是檢驗知識結構性（簡單）信念的預測力，而只是檢驗在知識結構複雜信念者中，信念強弱與批判思考表現之間的關係，研究假設 6 不能視為完全被支持。

本研究迴歸分析及後續統計分析結果顯示僅知識簡單性信念具有顯著預測力，知識確定性信念的預測力可能在迴歸分析中因為多元共線性而不顯著，意味相信知識之間高度相關且有脈絡性的個體，比相信知識的真實性會因為新證據出現而變動的個體，有較佳的批判思考技巧表現。這可能是因為在批判思考技巧運作過程中，無論是評價論點、推論、解釋、辨認假設或者推演結論，都要求個體在問題情境脈絡下進行推理思考，判斷各項訊息的相關程度，而較不用考慮到訊息的真假，所以知識簡單性信念比確定性信念更具有顯著的預測力。類似地，知識權威性信念在本研究採用的「華一葛批判思考量表」作答過程中，也可能未扮演關鍵性的角色。若未來採用的批判思考技巧測量工具具有現實世界及權威人物因素，例如美國前總統川普在氣候變遷及環境保護上的立場為素材，或許我們可以得到簡單性信念及權威性信念顯著的結果。

雖然能力天生及學習速度快等兩項知識論外圍信念與批判思考表現的相關係數達顯著，但在迴歸分析及後續統計分析中，這兩項外圍信念未能顯著預測批判思考表現。這兩個信念涉及到個體學習能力的本質，我們的發現意味當同時考量其他知識論信念，個體對學習能力的看法與批判思考技巧表現無顯著關聯。批判思考技巧可以被教導 (Abrami et al., 2015; Niu et al., 2013)，本研究結果隱含這類教學方案可以無需考慮學生的能力內隱理論。此結果可能是因為能力內隱理論屬於外圍的知識論信念，與批判思考表現沒有直接相關。也可能是因為本研究參與者多數抱持能力增加觀，偏向複雜的知識論外圍信念，在批判思考技巧表現上沒有太大差異。

（三）對批判思考各項子技巧的預測力

本研究除了以整體批判思考技巧表現為依變項，亦討論工作記憶等變項對各種批判思考技巧的預測力。本研究參與者在推論、辨認假設、推演結論、解釋、及評價論點等作業上的平均正確率不相同，推論作業表現最差，因此僅針對整體批判思考技巧進行分析並非十分恰當。我們發現工作記憶及其各項作業表現、處理速度、確定性信念、簡單性信念與推演結論、解釋技巧表現有顯著相關，迴歸分析結果發現僅數字順序背誦及逆序背誦表現對推演結論與解釋技巧有正向預測力，知識簡單

性信念負向預測解釋技巧表現。一方面，這些顯著的自變項與對整體批判思考技巧表現的預測變項類似。另一方面，並非所有批判思考技巧與工作記憶、知識論信念有關，從各項技巧的答對率來看，我們無法判定批判思考技巧難度是否影響預測變項。就技巧性質來看，推演結論及解釋技巧都要求參與者必須連結前提資料與結論（陳學志等人，2011），評價論點、推論及辨認假設則較不要求此連結性思考，所以推演結論及解釋技巧較需要短期記憶及工作記憶能力作為基礎。

我們檢驗工作記憶及知識論信念的交互作用是否顯著預測批判思考表現，發現僅知識簡單性信念與逆序背誦表現的交互作用具有顯著預測力，逆序背誦表現佳且對知識結構抱持複雜信念的參與者有較佳的解釋技巧表現，不支持研究假設 7。Daneman 與 Hannon（2001）和 Burton 與 Daneman（2007）發現工作記憶廣度低的參與者如果抱持複雜的知識論信念，仍有較佳的閱讀表現，因此本研究推論此交互作用結果可能也會展現在批判思考技巧表現上。然而，批判思考不同於閱讀，而且 Daneman 與她的同僚是以平均數為依據區分出知識論信念素樸者及複雜者，本研究採用絕對標準 2.5 作為區分依據，所以本研究得到不同的發現。另一方面，本研究沒有發現工作記憶及知識論信念的交互作用顯著預測整體批判思考及解釋以外的其他批判思考技巧表現，意味工作記憶及知識論信念對批判思考技巧的預測力主要是互為獨立的。

（四）限制與建議

在批判思考技巧的教學實務上，教學者應考慮到學習的工作記憶能力及對知識結構的看法，特別是推演結論及解釋技巧。教學者應先確定學習者的短期記憶、工作記憶及執行功能的表現水準，評定學生對知識結構的信念。對於記憶能力較差者，可先實施短期記憶及工作記憶提升方案作為前導，短期記憶及工作記憶能力都是可以被訓練的（Morrison & Chein, 2010; Norris et al., 2019），簡馨瑩（2020）發現將工作記憶各項元素融入一般學科的教學活動中有助於提升學習者的工作記憶廣度及執行功能表現。持素樸信念的學生在適當的教學操弄之後，會改變為抱持複雜的知識論信念（陳慧娟，2015；Muis, 2004）。過去在設計批判思考促進方案時，較少關注這些先備條件，期待我們的研究結果能提醒教學者批判思考技巧的提升是一項長遠的歷程，預先強化學生先備能力及信念，批判思考促進方案的執行將更能事倍功半。

本研究有上述發現及對實務工作的啟發，但基於以下四點限制，我們謹慎看待本研究成果。第一，本研究僅分析 160 筆樣本，雖然參與者在所有變項上的表現都呈現常態分配，但受限於樣本數，我們無法以結構方程模式檢驗本研究各變項之間是否存在中介作用，例如處理速度經由工作記憶間接預測批判思考表現，或者短期記憶經由工作記憶或執行功能發揮間接預測力。未來擴增參與者人數，以回應此限制。其次，除了本研究所使用的測量工具外，工作記憶、執行功能、知識論信念及批判思考技巧仍有其他測量工具，使用其他工具是否能得到本研究結果，有待未來學者進一步驗證。第三，教育的目的在於為學生現實生活做準備，批判思考技巧還是必須備落實在公民生活中及知識學習過程。現有多數批判思考技巧測量工具多為標準化測驗，是否具備生態效度可能還有疑問。工作記憶及知識論信念是否能預測個體對現實議題的批判思考表現，還需要未來更多研究加以檢視。最後，雖然在不同因素上略為不同，但本研究參與者整體上全部偏向於複雜的知識論信念，不能視為完整調查知識論信念對批判思考技巧表現的預測力，未來應招募更多參與者，刻意以素樸信念者為招募對象，將更能有效地檢驗知識論信念的預測力。

在教學實務及上述四項限制之外，從本研究發現延伸出未來可探討的議題。首先，工作記憶廣度不同者以及知識結構信念不同者如何使用批判思考技巧，可能需要放聲思考法或其他類似方法，解析他們的心智執行歷程。其次，批判思考除了技巧之外，還有意向層面，批判思考意向及知識論信念對批判思考技巧表現的預測力或影響是相互獨立、相輔相成、或互為彌補，此議題的探討將有助於教學方案的設計。再其次，多位研究者已將知識論信念擴大為知識認知（epistemic cognition），知識本質及知道本質僅為其中兩個向度，另有三個面向分別是知識的目的與價值、促進及有礙於知識發展的意向、達成知識目的的歷程（Chinn et al., 2011），未來可進一步探討知識認知及其他知識論面向對批判思考的預測力。第四，本文以大學生為研究對象，工作記憶具有年齡發展上的差異（Gathercole et al., 2004），個體知識論信念具有階段差異（Hofer & Pintrich, 1997），未來應針對不同年齡層的參與者，探討知識論信念對批判思考的預測力是否有年齡差異，並延伸討

論對教學的影響。第五，接受批判思考技巧促進方案之後，參與者是否也改變了批判思考意向或知識信念，產生遠遷移效果？除了實務意義外，此議題的釐清將有助於我們更加理解批判思考的本質。最後，在假新聞充斥及後真相迷惑人心的時代，具有批判思考技巧及意向的個體是否能免疫於假新聞及後真相的誘惑，批判思考如何融入媒體識讀課程，是未來研究可著墨之處。

參考文獻

- 王子蘭、洪宜翔、楊啟正（2015）：《臺灣版額葉評估量表》。中國行為科學社。[Wang, T.-L., Hung, Y.-H., & Yang, C.-C. (2015). *Frontal Assessment Battery* (Taiwan ed.). Chinese Behavioral Science Corporation.]
- 邱皓政（2011）：《量化研究法（三）：測驗原理與量表發展技術》。雙葉書廊。[Chiou, H.-J. (2011). *Quantitative research methods III: Principles and techniques of testing and scale development*. Yeh Yeh Book Gallery.]
- 涂金堂（2017）：〈國小教師數學知識信念量表之發展與信效度考驗〉。《教育心理學報》，49，295–320。[Tu, C.-T. (2017). The development of Mathematical Epistemological Beliefs Scale of elementary school teachers and its reliability and validity evaluation. *Bulletin of Educational Psychology*, 49, 295–320.] [https://doi.org/10.6251/BEP.2017-49\(2\).0006](https://doi.org/10.6251/BEP.2017-49(2).0006)
- 徐建國（2004）：〈批判思考與公民教育〉。《課程與教學》，7（2），25–40+186。[Hsu, C.-K. (2004). Critical thinking and citizenship education. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 7(2), 25–40+186.] <https://doi.org/10.6384/CIQ.200404.0025>
- 陳心怡、陳榮華、花茂琴（2015）：《魏氏成人智力量表第四版（WAIS-IV）中文版：技術和解釋手冊》。中國行為科學社。[Chen, H.-Y., Chen, Y.-H., & Hua, M.-S. (2015). *WAIS-IV: Administration and scoring manual* (Chinese ed.). Chinese Behavioral Science Corporation.]
- 陳湘淳、高子涵、李玉琇（2015）：〈作業間的語意關聯性對工作記憶的影響〉。《中華心理學刊》，57，177–194。[Chen, H.-S., Kao, Y.-H., & Lee, Y.-S. (2015). The effect of semantic relatedness between storage and processing on working memory. *Chinese Journal of Psychology*, 57, 177–194.] <https://doi.org/10.6129/CJP.20150203>
- 陳慧娟（2015）：〈「師生共同增能」與「學生增能」教學實驗方案促進偏遠地區國中學生知識信念、自我調整策略與科學學習成就之比較研究〉。《教育科學研究期刊》，60（4），21–53。[Chen, H.-J. (2015). Effects of empowerment programs in remote junior high schools on scientific epistemological beliefs, self-regulation strategies, and academic achievement in science. *Journal of Research in Education Sciences*, 60(4), 21–53.] [https://doi.org/10.6209/JORIES.2015.60\(4\).02](https://doi.org/10.6209/JORIES.2015.60(4).02)
- 陳學志、陳彰儀、陳美芳、陳心怡、陳榮華（2011）：《華－葛批判思考量表簡版（WGCTA）中文版：指導手冊》。中國行為科學社。[Chen, H.-C., Chen, C.-I., Chen, M.-F., Chen, H.-Y., & Chen, Y.-H. (2011). *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal: Manual* (Chinese ed.). Chinese Behavioral Science Corporation.]
- 許崇憲（2000）：〈影響批判性思考進行的因素：以幾項實證研究為例〉。《教育研究月刊》，75，29–40。[Hsu, C.-S. (2000). The predictors of critical thinking: A few empirical evidence.

- Journal of Education Research*, 75, 29–40.]
- 許嘉家、詹志禹（2010）：〈「高中職個人知識論信念量表」之編製與驗證〉。《測驗學刊》，57，433–458。[Syu, J.-J., & Chan, J. C. (2010). Developing and validating the Personal Epistemological Beliefs Scale for Senior High School Students in Taiwan. *Psychological Testing*, 57, 433–458.] <https://doi.org/10.7108/PT.201009.0433>
- 葉玉珠、陳月梅、謝佳蓁、葉碧玲（2001）：〈成人批判思考技巧測驗之發展〉。《測驗年刊》，48（2），35–50。[Yeh, Y.-C., Chen, Y.-M., Hsieh, C.-C., & Yeh, P.-L. (2001). The development of "The Test of Critical-Thinking Skills for Adults". *Psychological Testing*, 48(2), 35–50.]
- 葉玉珠、葉碧玲、謝佳蓁（2000）：〈「中小學批判思考技巧測驗」之發展〉。《測驗年刊》，47（1），27–46。[Yeh, Y.-C., Yeh, P.-L., & Hsieh, C.-C. (2000). The development of "The Test of Critical-Thinking Skills for Primary and Secondary School Students". *Psychological Testing*, 47(1), 27–46.]
- 溫明麗（1994）：〈知識論之批判：是需要辯證性認知的時候〉。《教育研究集刊》，35，101–126。[Wen, M.-I. (1994). The critique of epistemology: It is the time for dialectic cognition. *Bulletin of Educational Research*, 35, 101–126.] [https://doi.org/10.6910/BER.199406_\(35\).0003](https://doi.org/10.6910/BER.199406_(35).0003)
- 簡馨瑩（2020）：〈「記憶－抑制控制」活動融入語文教學對幼兒在執行功能與口語理解表現的效果研究〉。《教育科學研究期刊》，65（4），275–304。[Chien, H.-Y. (2020). Effects of memory-inhibitory control activity with embedded repeated read-aloud programs on executive function and oral comprehension ability of preschoolers. *Journal of Research in Education Sciences*, 65(4), 275–304.] [https://doi.org/10.6209/JORIES.202012_65\(4\).0009](https://doi.org/10.6209/JORIES.202012_65(4).0009)
- Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Waddington, D. I., Wade, C. A., & Persson, T. (2015). Strategies for teaching students to think critically: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 85, 275–314. <https://doi.org/10.3102/0034654314551063>
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control process. *Psychology of Learning and Motivation*, 2, 89–195. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)
- Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1–29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47–89. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Barrouillet, P., & Lecas, J. (1999). Mental models in conditional reasoning and working memory. *Thinking and Reasoning*, 5, 289–302. <https://doi.org/10.1080/135467899393940>
- Bernard, R. M., Zhang, D., Abrami, P. C., Sicoly, F., Borokhovski, E., & Surkes, M. A. (2008). Exploring the structure of the Watson-Glaser critical thinking appraisal: One scale or many subscale? *Thinking Skills and Creativity*, 3, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2007.11.001>
- Bloom, P., & Keil, F. C. (2001). Thinking through language. *Mind & Language*, 16, 351–367. <https://doi.org/10.1111/1468-0017.00175>
- Burton, C., & Daneman, M. (2007). Compensating for a limited working memory capacity during reading: Evidence from eye movements. *Reading Psychology*, 28, 163–186. <https://doi.org/10.1080/01459140600571111>

- [org/10.1080/02702710601186407](https://doi.org/10.1080/02702710601186407)
- Cary, M., & Carlson, R. A. (2001). Distributing working memory resources during problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 27, 836–848. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.27.3.836>
- Chan, N.-M., Ho, I. T., & Ku, K. Y. L. (2011). Epistemic beliefs and critical thinking of Chinese students. *Learning and Individual Differences*, 21, 67–77. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.11.001>
- Chinn, C. A., Buckland, L. A., & Samarapungavan, A. (2011). Expanding the dimensions of epistemic cognition: Arguments from philosophy and psychology. *Educational Psychologist*, 46, 141–167. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.587722>
- Chuderski, A., & Necka, E. (2012). The contribution of working memory of fluid reasoning: Capacity, control, or both? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 38, 1689–1710. <https://doi.org/10.1037/a0028465>
- Copeland, D. E., & Radvansky, G. A. (2004). Working memory and syllogistic reasoning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57, 1437–1457. <https://doi.org/10.1080/02724980343000846>
- Daneman, M., & Hannon, B. (2001). Using working memory theory to investigate the construct validity of multiple-choice reading comprehension tests such as the SAT. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 208–223. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.2.208>
- Daneman, M., & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 422–433. <https://doi.org/10.3758/BF03214546>
- Din, M. (2020). Evaluating university students' critical thinking ability as reflected in their critical reading skill: A study at bachelor level in Pakistan. *Thinking Skills and Creativity*, 35, Article 100627. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100627>
- Dubois, B., Slachevsky, A., Litvan, I., & Pillon, B. (2000). The FAB: A Frontal Assessment Battery at bedside. *Neurology*, 55, 1621–1626. <https://doi.org/10.1212/WNL.55.11.1621>
- Dyer, K. D., & Hall, R. E. (2019). Effect of critical thinking education on epistemically unwarranted beliefs in college students. *Research in Higher Education*, 60, 293–314. <https://doi.org/10.1007/s11162-018-9513-3>
- Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purpose of educational assessment and instruction. Research findings and recommendations* (ED315423). ERIC. <https://eric.ed.gov/?id=ED315423>
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 40, 177–190. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.2.177>
- Ghanizadeh, A. (2017). The interplay between reflective thinking, critical thinking, self-monitoring, and academic achievement in higher education. *Higher Education*, 74, 101–114. <https://doi.org/10.1007/s10734-016-0031-y>
- Greene, J. A., Cartiff, B. M., & Duke, R. F. (2018). A meta-analytic review of the relationship between

- epistemic cognition and academic achievement. *Journal of Educational Psychology*, 110, 1084–1111. <https://doi.org/10.1037/edu0000263>
- Greene, J. A., & Yu, S. B. (2014). Modeling and measuring epistemic cognition: A qualitative re-investigation. *Contemporary Educational Psychology*, 39, 12–28. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2013.10.002>
- Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains: Dispositions, skills, structure training, and metacognitive monitoring. *American Psychologist*, 53, 449–455. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.53.4.449>
- Halpern, D. F., & Sternberg, R. J. (2020). An introduction to critical thinking: Maybe it will change your life. In R. J. Sternberg & D. F. Halpern (Eds.), *Critical thinking in psychology* (pp. 1–9). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108684354.002>
- Hambrick D. Z., & Engle, R. W. (2003). The role of working memory in problem solving. In J. E. Davidson & R. J. Sternberg (Eds.), *The psychology of problem solving* (pp. 176–205). Cambridge University Press.
- Hofer, B. K. (2004). Epistemological understanding as metacognitive process: Thinking aloud during online searching. *Educational Psychologist*, 39, 43–55. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3901_5
- Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67, 88–140. <https://doi.org/10.3102/00346543067001088>
- Hornsey, M. J., & Fielding, K. S. (2017). Attitude roots and Jiu Jitsu persuasion: Understanding and overcoming the motivated rejection of science. *American Psychologist*, 72, 459–473. <https://doi.org/10.1037/a0040437>
- Kail, R. (2007). Longitudinal evidence that increases in processing speed and working memory enhance children's reasoning. *Psychological Science*, 18, 312–313. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01895.x>
- Ku, K. Y. L., Lai, E. C. M., & Hau, K. T. (2014). Epistemological beliefs and the effect of authority on argument-counterargument integration: An experiment. *Thinking Skills and Creativity*, 13, 67–79. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2014.03.004>
- Morrison, A. B., & Chein, J. M. (2010). Does working memory training work? The promise and challenge of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18, 46–60. <https://doi.org/10.3758/s13423-010-0034-0>
- Morrison, R. G. (2005). Thinking in working memory. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The Cambridge handbook of thinking and reasoning* (pp. 457–473). Cambridge University Press.
- Muis, K. R. (2004). Personal epistemology and mathematics: A critical review and synthesis of research. *Review of Educational Research*, 74, 317–377. <https://doi.org/10.3102/00346543074003317>
- Niu, L., Behar-Horenstein, L. S., & Garvan, C. W. (2013). Do instructional interventions influence college students' critical thinking skills? A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 114–128. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.05.002>

- doi.org/10.1016/j.edurev.2012.12.002
- Norris, D. G., Hall, J., & Gathercole, S. E. (2019). Can short-term memory be trained? *Memory & Cognition*, 47, 1012–1023. <https://doi.org/10.3758/s13421-019-00901-z>
- Norris, S. P., & Ennis, R. H. (1989). *Evaluating critical thinking*. Midwest Publications.
- Perry, W. G., Jr. (1968). *Patterns of development in thought and values of students in a liberal arts college: A validation of a scheme. Final report* (ED024315). ERIC. <https://eric.ed.gov/?id=ED024315>
- Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on Comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 82, 498–504. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.3.498>
- Schommer, M., Calvert, C., Gariglietti, G., & Bajaj, A. (1997). The development of epistemological beliefs among secondary students: A longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 89, 37–40. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.89.1.37>
- Schommer-Aikins, M. (2004). Explaining the epistemological belief system: Introducing the embedded systemic model and coordinated research approach. *Educational Psychologist*, 39, 19–29. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3901_3
- Schraw, G. (2001). Current themes and future directions in epistemological research: A commentary. *Educational Psychological Review*, 13, 451–464. <https://doi.org/10.1023/A:1011922015665>
- Swanson, H. L., & Fung, W. (2016). Working memory components and problem-solving accuracy: Are there multiple pathways? *Journal of Educational Psychology*, 108, 1153–1177. <https://doi.org/10.1037/edu0000116>
- ten Dam, G., & Volman, M. (2004). Critical thinking as a citizenship competence: Teaching strategies. *Learning and Instruction*, 14, 359–379. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2004.01.005>
- Tsai, C.-C., Ho, H. N. J., Liang, J.-C., & Lin, H.-M. (2011). Scientific epistemic beliefs, conceptions of learning science and self-efficacy of learning science among high school students. *Learning and Instruction*, 21, 757–769. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.05.002>
- Van Stockum, C. A., Jr., & DeCaro, M. S. (2020). When working memory mechanisms compete: Predicting cognitive flexibility versus mental set. *Cognition*, 201, Article 104313. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2020.104313>
- Wiley, J., & Jarosz, A. F. (2012). Working memory capacity, attentional focus, and problem solving. *Psychological Science*, 21, 258–262. <https://doi.org/10.1177/0963721412447622>
- Yeager, D. S., & Dweck, C. S. (2012). Mindsets that promote resilience: When students believe that personal characteristics can be developed. *Educational Psychologist*, 47, 302–314. <https://doi.org/10.1080/00461520.2012.722805>

收稿日期：2020 年 12 月 30 日

一稿修訂日期：2021 年 01 月 02 日

二稿修訂日期：2021 年 03 月 11 日

三稿修訂日期：2021 年 03 月 31 日

四稿修訂日期：2021 年 04 月 09 日

接受刊登日期：2021 年 04 月 14 日

Bulletin of Educational Psychology, 2022, 53(4), 979–1002
National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R. O. C.

The Prediction of Working Memory and Epistemological Belief in Critical Thinking Skills

Chong-Shainn Hsu

Department of Health Psychology,
Chang Jung Christian University

Critical thinking (CT) is one of the components contributing to good thinking (Norris & Ennis, 1989). It is also necessary ability for the citizens in democratic society. Especially in the age of the Internet, the variety and complexity of information are greater than in the past. CT is saliently significant.

The perfect performance of CT was dependent on domain-general and domain-specific knowledge, CT skills and CT dispositions. Undergraduates reported to have great CT dispositions but performed medium degree of CT skills (Din, 2020). Therefore, it is important to design programs to advance students' CT skills under the considerations of the factors affecting CT skills performance. CT skills include evaluation of arguments, inference, interpretation, recognition of assumptions, and deduction. These cognitive operations are conducted in working memory (WM) (Halpern, 1998). Epistemological beliefs could affect CT performance (Schraw, 2001). We examined the prediction of WM and epistemological beliefs in CT skills.

WM was involved in the processing and storing of information. A few researches showed that WM predicted the performance of reasoning tasks (Barrouillet & Lecas, 1999; Chuderski & Necka, 2012; Copeland & Radvansky, 2004). Baddeley and Hitch (1974) argued that WM had three components: A phonological loop, a visuospatial sketchpad, and the central executive. Individuals kept the speech or written information in the phonological loop. The central executive was responsible for attention control and thus helped the information related to the task keep accessible. We hypothesized that WM predicted the performance of CT skills. Short-term memory (STM) was different from WM, and was only involved in the processing of information. It was also hypothesized that STM predicted CT skills. Processing speed could affect reasoning performance and thus was used as a control variable in this study. We want to learn the net prediction of WM in CT skill performance after controlling the effect of processing speed.

Epistemological beliefs referred to what individuals thought of the nature of knowledge and knowing. The number of the dimensions of epistemological beliefs were dependent on how and what researchers conceptualized them as. In this study, the epistemological beliefs scale consisted of five subscales: certainty of knowledge, simplicity of knowledge, source of knowledge (authority), quick learning, and innate ability. Individuals with naïve epistemological beliefs thought that knowledge was fixed, the aggregation of many facts, and conveyed from the authority, and that learning was a simple and linear process. Those with sophisticated epistemological beliefs considered the reliability and validity of information and arguments. It was hypothesized that the more sophisticated epistemological beliefs, the greater CT skills. We speculated that individuals with more sophisticated beliefs and less WM span might be willing to give careful consideration to the questions or information in order to make up for the less WM span. It was hypothesized that WM interacted with epistemological beliefs.

We recruited participants from three universities in Tainan City, Taiwan. The three universities were representative of the undergraduates with different academic achievement respectively. Data were collected from 161 undergraduates (51 males and 110 females) but one participant was not analyzed because of not completing the epistemological beliefs scale. The average age was 20.87 ($SD = 1.53$).

Participants were tested individually in a 60-minute session and fulfilled a demographic survey, the adapted Personal Epistemological Beliefs Scale, WM span scale, processing speed scale, Frontal Assessment Battery (Taiwan ed.), and Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal (WGCTA) (Chinese ed.) in order. WM Index and Processing Speed Index of Wechsler Adult Intelligence Scale-Fourth Edition (WAIS) (Chinese ed.) were used. Frontal Assessment Battery was used to measure the executive function. The Chinese edition of WGCTA had five subtests: inference, recognition of assumptions, deduction, interpretation, and evaluation of arguments. The higher scores in the adapted Personal Epistemological Beliefs Scale, the more naïve. The high scores in other measures implied better cognitive performance. WGCTA and WAIS did not provide percentile ranks for every subtest. The original score was used to indicate participants' performance of every subtask.

CT skills were correlated with WM index, processing speed, and executive function ($r_s[158] = .40, .25, .28, p < .001$), but not correlated with epistemological beliefs. The WM Index of WAIS was constructed by four measures, one involving in the storing of information (STM) and the others involving in the processing and storing. It was found that CT skills was correlated with STM ($r = .37, p < .001$) and also correlated with the other WM measures ($r_s = .36, .32, .28, p < .001$). The correlation among the five CT subskills and other cognitive ability measures was computed. It was found that deduction was correlated with STM, WM index, processing speed, and executive function ($r_s = .31, .30, .23, .21, p < .01$). Interpretation was correlated with STM, WM index, processing speed, and executive function ($r_s = .34, .39, .18, .20, p < .05$). Deduction was correlated with the whole epistemological belief ($r = -.22, p < .01$) and also correlated with three components (certainty, simplicity, and authority) ($r_s = -.29, -.25, -.22, p < .01$). Other CT subskills were not correlated with the whole epistemological belief but correlated with a few components of epistemological belief. To our surprise, the innate ability subscale was positively correlated with the whole CT skills performance ($r = .18, p < .05$) and also with the subtests of inference, recognition of assumptions, and interpretation ($r_s = .16, .23, .17, p < .05$).

Regression analysis showed that after processing speed controlled, WM and executive function predicted participants' CT skill performance ($b = .33, .58, p < .05$), but the whole epistemological belief did not. Concerning every CT subskill, participants with greater WM performed better interpretation and deduction ($b = 0.001, .003, p < .01$).

A regression analysis was conducted to examine the prediction of the four memory measures, processing speed, and executive function in CT skill performance. STM and executive function were predictive of CT skill performance ($b = 73.83, .70, p < .01$) but not all measures involving in the storing and processing of information were significant. While every CT subskill was used as dependent variable, the similar outcomes were only observed in the regression on deduction and interpretation.

Another regression analysis was conducted to examine the prediction of the five components of the epistemological belief. It was found that simplicity belief predicted CT skills ($b = -22.39, p < .01$) as we hypothesized. It was surprised that innate ability belief had positive prediction ($b = 17.24, p < .05$). However, all of the participants performed sophisticated belief on the knowledge simplicity subscale (below 2.5 points), and thus what we found in the above description was that the strength of sophisticated belief in knowledge simplicity was predictive of CT skills. Not all participants showed sophisticated belief on the innate ability subscale (132 ones below 2.5 and 28 ones above 2.5) and there was no significant difference in CT skills between these two groups of the innate ability belief.

We tested the interaction of WM subtests and sophisticated belief in knowledge simplicity. No significant interaction was found.

The findings showed that the CT skill performance was predicted by STM as well as by WM defined by Baddeley and Hitch (1974). However not all measures of the processing and storing of information were significant. It might be due to the multicollinearity among the three measures. On the other hand, it was implied that STM might be more important than WM for conducting CT skills. Sophisticated beliefs in simplicity knowledge were significant but other factors of epistemological beliefs were not. This finding explained why the whole epistemological belief did not predict CT skills performance. The interaction between working memory and epistemological beliefs was not significant. Based on our findings, it was suggested that the programs for promoting CT skills performance had to take WM and the simplicity belief of knowledge into consideration. Further study were suggested.

Keywords: critical thinking skills, epistemological belief, short-term memory, working memory