

## 國一學生遺傳概念學習成效與屬性之探討

林秀玉<sup>a</sup>、涂志銘<sup>b</sup>、林祖強<sup>b</sup>、鄭湧涇<sup>b</sup>

<sup>a</sup>：真理大學通識教育學院自然科學學科 sylin8@yahoo.com.tw

<sup>b</sup>：國立台灣師範大學生命科學系 68943005@ntnu.edu.tw

### 摘要

本研究目的在發展「生物概念診斷工具」(遺傳主題)(CDI-B(G))，使用 CDI-B(G)探究不同遺傳「另有概念」的成因，依據 Chi 和 Roscoe(2002)理論對遺傳「另有概念」的屬性進行分類。研究對象為國一學生，在符合建構論理念教學下有 689 人；在一般常見教學下有 823 人。研究結果顯示，CDI-B(G)適於診斷遺傳「另有概念」的成因以及分類其屬性。在教學前、後，學生對「細胞中的基因」的知識比較缺乏，也比較不完整；就研究中的二十一個遺傳概念而言，在符合建構論理念教學下，五個概念屬於「迷思概念」，十六個概念屬於「先存概念」；在一般常見教學下，五個概念屬於「迷思概念」，十六個概念屬於「先存概念」。

**關鍵字：**遺傳概念學習、另有概念、知識不完整、缺乏知識、迷思概念、先存概念

### 一、前言

數十年來，在科學概念研究的領域裡，探討學生所具有概念或概念學習的研究議題，一直都深受科學教育界重視。這些研究的主題範圍遍及物理、化學、生物、地球科學等學科；研究對象涵蓋國小到大學、研究所等不同學習階段的學生。許多研究經常發現學生所具有的概念，有時候是與科學家的想法或教科書上陳述的科學知識不相同，並影響其理解或接受老師所講授的或者是教科書中所陳述的科學知識(Gilbert, *et al.*, 1982; Osborne & Freyberg, 1985)。此外許多研究者都認為學生在接受教學之前並不是一塊「空白石板」(black slate)，亦即學生對於老師所講授的科學知識內容並非完全「沒有概念」，通常是在教學前就對於科學概念內容知識以及對於自然界各種物象的解釋等，早有他們自己所堅信的一套想法或解釋，即是他們早已存在著自己的「概念」(conceptions)(Chi & Roscoe, 2002)。然而，在實際教學中我們不難發現，學生在接受教學前，仍可能對老師所講授的科學知識內容完全「沒有概念」。因此，研究者認為學生在接受生物教學前，有可能對某些生物概念沒有任何的想法或概念，因而教學前學生具有的「另有概念」，可能是因為根本就沒有想法或知識(以下稱「缺乏知識」)，也可能是因為「知識不完整」所造成；類似地情況也可能出現在教學過後。換句話說，教學前、後，學生所具有的「另有概念」，都可能是因為「缺乏知識」或「知識不完整」所引起。倘若能瞭解這些「另有概念」的成因是源自於「缺乏知識」或是「知識不完整」，俾能使科學教師教學事半功倍。

Chi 和 Roscoe(2002)依據 Chi 研究群過去的研究成果，發現「靜脈血管內有瓣膜」、「鯨魚是哺乳類不是魚類」等概念命題是比較容易經由教學而修正的；然而，循環、生態和演化等主題的概念與「擴散作用」、「電流」、「肝臟有血管通過」等相關概念，則很難經由教學而改變(Chi & Roscoe, 2002)，因此 Chi 和 Roscoe(2002)在《概念改變的過程與挑戰》一文中指出應該對不同的「質樸知識」(naïve knowledge)進行分類，並且將經由一般教學活動後便可以修改或移除的「質樸知識」稱為「先存概念」(preconceptions)；將經由一般的教學活動後仍不

發生改變的「質樸知識」稱為「迷思概念」(misconceptions)。國內研究者也發現教學活動結束後，學生比較容易修正某些「另有概念」，然而對某些「另有概念」卻不易發生改變(林祖強等人，2003；涂志銘等人，2003；Changlai, *et al.*, 2003)。例如，涂志銘等人(2001)的研究結果發現，有些神經系統的另有概念是不容易經由教學轉變，甚至是教師精心設計和使用符合建構論理念的教學策略，仍然無法促使學生進行概念改變；又林祖強等人(2003)研究發現國一學生所具有循環系統的「另有概念」內：「血球的功能」、「區分動脈和靜脈」、「血液的組成」等概念是比較容易經過教學後修正的概念；而「血液所運送的養分來源」、「血液的呈色原因」、「身體左右兩側的血液循環」、「循環與新陳代謝的關係」、「血液在人體內流動的情形」、「血液的運送功能」等概念，則很難經過教學改變。由於不同學者所談論的概念範疇大小並不一致，因此本研究將依據不同遺傳事件、各個事件下不同遺傳概念，進行的「另有概念」分類，亦即依據教學前後的遺傳概念學習成效，區分哪些「另有概念」屬於「先存概念」？哪些「另有概念」屬於「迷思概念」？。

學生們所具有與科學家的想法或教科書上陳述的科學知識不盡相同的概念或想法，被科學教育學者們稱之為「迷思概念」(misconceptions)、「另有概念」(alternative conceptions)、「另有架構」(alternative frameworks)或「學童的科學」(children's science)等，而學生們的這些概念或想法，在教師教學之前就已經存在了，因此被稱為「先存概念」(preconceptions 或 pre-instructional conceptions)或稱為「質樸知識」(naïve knowledge)。這些分歧的稱呼經常造成混淆與不易理解，因此本研究以「另有概念」表示學生們所具有與科學家的想法或教科書上陳述的科學知識不盡相同的概念或想法，並假設學生教學前或教學後所具有的「另有概念」，可能是源自於「缺乏知識」(即為沒有概念或想法)或是因為「知識不完整」所造成，由於 Chi 和 Roscoe(2002)所指的「質樸知識」亦稱為教學前學生已具有的「另有概念」，因此本研究將比較不容易受教學影響修正為科學概念的「另有概念」定義為「迷思概念」，比較容易在教學後就修正為科學概念的「另有概念」定義為「先存概念」。為達成診斷「另有概念」的成因與屬性，亦將在研究中發展足以鑑別這些情況的診斷工具。這些研究結果將有助於理解學生的概念學習和概念改變，亦可做為未來生物課程發展和師資教育的參考。

綜合上述，本研究的目的是如下：

1. 發展「生物概念診斷工具」(遺傳主題)(CDI-B(G))
2. 使用 CDI-B(G)探究不同遺傳學「另有概念」的成因，
3. 依據 Chi 和 Roscoe(2002)理論對「另有概念」的屬性進行分類。

## 二、研究方法

### (一) 研究的對象

本研究選取台北縣市四所國民中學(台北縣 C 校與 S 校及台北市 J 校與 Y 校)的七年級學生作為研究對象，包含 42 個班級共 1527 人，其中實驗組(接受符合建構理念的教學)共有 689 人，對照組(接受一般常見的教學)共有 823 人。

### (二) 教學處理

本研究由五位熟悉建構論理念的生物教師擔任實驗組的教師，這五位生物教師擁有十年以上的教學經驗，同時擁有六年以上參與概念學習研究計畫的經驗，對於建構論理念的教學與生物概念學習等相關議題有深入的瞭解。實驗組的教師依據 Driver(1988)提出的教學流程，與三位科學教育專家共同會商、討論、試教與修正後，發展遺傳單元之符合建構論理念的教學，教學的時間約 4~6 小時。另外，實驗組所在的四所學校中，各挑選一位生物教師作為對照組的教師，對照組的教師利用一般常見的教學進行遺傳單元的教學，教學時間同樣是 4~6

小時。

教學處理期間，研究者利用「專業科學教師教育評鑑—課室觀察規準 (Expert Science Teacher Education Evaluation-Science Classroom Observation Rubric)」以及「你是符合建構論的教師嗎? (Are you a constructivist teacher?)」兩份量表作為評估實驗組教師教學的標準。

### (三) 研究的工具

#### 1. 「生物概念診斷工具」發展的目的

研究中所發展的 CDI-B，主要目的在診斷學生的「另有概念」是因為「缺乏知識」或是「知識不完整」，同時檢驗哪些「另有概念」是屬於「迷思概念」，哪些「另有概念」是屬於「先存概念」。由於過去的研究結果顯示，應用一般選擇題型式的(BCI)或是二階層題型的(BCDI)，的確可以分辨學生所具有的概念是科學概念或是「另有概念」(林祖強等人，2003；涂志銘等人，2003；張賴妙理、鄭湧涇，2000)，但是這些「另有概念」，僅是因為單純的「缺乏知識」或是「知識不完整」，仍無法辨識清楚。換句話說，BCI 或 BCDI 的共同缺點都是無法分辨「另有概念」是由於單純的「缺乏」科學知識，或是「知識不完整」所造成，因而在需要設計與發展 CDI-B。

#### 2. 「生物概念診斷工具」(遺傳主題)的發展與效化

本研究所使用的「生物概念診斷工具」(遺傳主題)(Concept Diagnostic Instrument-Biology (Genetics)，簡稱為 CDI-B(G))，是依據晤談學生的「另有概念」，以及二階層的「生物概念診斷測驗」(Biology Concept Diagnostic Inventory，簡稱為 BCDI)(張賴妙理、鄭湧涇，2000)與選擇題型式的「生物概念調查表」(Biology Concept Inventory，簡稱為 BCI)(涂志銘等人，2003)的遺傳概念題目為基礎，修訂完成本研究中所使用的「生物概念診斷工具」(遺傳主題)(Concept Diagnostic Instrument-Biology (Genetics)，簡稱為 CDI-B (G))。本研究探討遺傳主題 (CDI-B (G))，其內容範例如下所示：

「小華和爸爸一樣天生就具有一頭卷髮，但媽媽卻是直髮，已知控制卷髮的基因是顯性的，而控制直髮的基因是隱性的，你認為小華有沒有遺傳到母親的直髮基因？」，下面有許多關於這個問題的可能答案，請你判斷這些答案是否正確。

(1)小華有遺傳到媽媽的直髮基因，但是直髮的基因沒有表現出來，所以小華是卷髮。

這個說法正確      這個說法不正確      不知道

(2)小華體內控制頭髮的基因一個來自爸爸，一個來自媽媽，表現出那一個基因的性狀(特徵)要看運氣。

這個說法正確      這個說法不正確      不知道

CDI-B(G)是由四個題組組成，每一個題組代表一個遺傳事件或遺傳核心概念：第一題組的核心概念是「親代的基因會遺傳給子代，但親代的表現型和子代的表現型不一定相同」，第二題組是「親代的隱性基因是會傳給子代」，第三題組是「父親和母親在遺傳的貢獻度相同」，第四題組是「細胞中的基因」。每個題組由一個概念問題或一段與遺傳相關的敘述當作題幹與 4 到 6 個解釋概念問題的概念或 4 到 6 個與題幹敘述相關的概念所組成，這 4 到 6 個概念中包含一個正確的科學概念。學生必須由每個題幹所給予的解釋陳述，判斷該題幹的敘述是否能正確地解釋前題所敘述的事件，或者這個解釋是他/她不知道的。上述範例是以第一題組為例，其計分方式將說明如下：由於題目(1)題幹的解釋陳述是正確的，所以假若學生在選目中勾選「這個說法正確」的答案，即假設學生可能具有科學概念，所以判斷正確；假若學生在選目中勾選「這個說法不正確」，即假設學生可能因為「知識不完整」，所以判斷錯誤。又由於題目(2)題幹的解釋陳述是錯

誤的，所以假若學生在選目中勾選「這個說法正確」的答案，即假設學生可能因為「知識不完整」，所以判斷錯誤；假若學生勾選「這個說法不正確」，即假設學生可能具有科學概念，所以判斷正確。本研究假設學生若勾選「不知道」選目，可能是因為他/她「缺乏知識」(即沒有概念或想法)所以無法判斷對錯。

CDI-B(G)是由晤談學生所得的另有概念陳述開始，同時都是出自 BCI 與 BCDI 之遺傳部分的有效試題，並且經由三位科學教育專家和五位國中生物教師的審查與修訂，因此 CDI-B(G)的內容效度與專家效度應可無虞；又 CDI-B(G)後測的內部均質性信度係數為 0.69，就試題數僅 21 題的情況，這個信度值仍十分恰當。

#### (四) 研究過程與分析

本研究於各教師進行遺傳主題教學前，以及教學後的兩星期內，利用 CDI-B (G)進行測驗，所蒐集教學前、後診斷資料，利用 SPSS 11.5 統計軟體分析。藉由教學前、後，學生所呈現的另有概念頻度，分析學生對各個遺傳事件發生「另有概念」的成因。透過對 CDI-B(G)單題、題組與整份測驗的前、後測資料進行 t 考驗，以檢測遺傳「另有概念」的屬性。

### 三、研究結果與討論

#### (一) 國一學生的遺傳概念學習情形

本研究綜合教學前、後，各題組(遺傳事件)學生作答人數百分比的平均值，表示學生在教學前、後對此四個遺傳核心概念學習情形，亦即由學生在各題組中所呈現「知識不完整」或是「缺乏知識」的狀況，表示對不同遺傳事件的概念學習結果。由表 1 可知：教學前、後，國一學生「知識不完整」的情況，以「細胞中的基因」最多(各為 35.4%和 31.3%)，「親代的隱性基因是會傳給子代」次之(各為 28.4%和 20.7%)，再則是「父親和母親在遺傳的貢獻度相同」(各為 28.3%和 19.6%)，最後是「親代的基因會遺傳給子代，但親代的表現型和子代的表現型不一定相同」(各為 19.0%和 13.2%)。因此，教學前、後學生對「細胞中的基因」的知識，可能都是比較不完整的。

教學前、後，呈現「缺乏知識」的情形，以「細胞中的基因」為最多(各為 20.9%和 12.9%)，「親代的隱性基因是會傳給子代」次之(各為 15.7%和 8.4%)，再則是「父親和母親在遺傳的貢獻度相同」(各為 13.4%和 7.3%)，最後是「親代的基因會遺傳給子代，但親代的表現型和子代的表現型不一定相同」(各為 12.0%和 5.4%)(表 1)。因此，教學前、後學生都對「細胞中的基因」的知識也是比較缺乏的，甚至在教學後仍有 12.9%的學生缺乏「細胞中的基因」的知識。由於教學之後，學生在這四個遺傳核心概念呈現「缺乏知識」與「知識不完整」的人數比例都比教學前減少，顯現教學能提升學生的遺傳概念學習。教學前和教學後學生所呈現「缺乏知識」的遺傳核心概念之排序非常一致，都是缺乏「細胞中的基因」的遺傳知識，這可能是因為學生在國小階段尚未正式接觸「細胞中的基因」的遺傳知識，或「細胞中的基因」的遺傳概念是比較微觀或抽象的概念，因而學生不容易理解。

#### (二) 遺傳另有概念屬性的歸類

就本研究的二十一個遺傳概念學習而言，在符合建構論理念教學下，有五題的概念成長並不顯著(題組一的第 2、4 題，題組二的第 4 題、題組三的第 5 題與題組四的第 5 題)，有十六題的概念學習均有顯著提升(表 2)。這些結果顯示：符合建構論理念教學下，有十六個遺傳概念屬於「先存概念」，有五個遺傳概念屬於「迷思概念」。在一般常見的教學下，有五題的遺傳概念學習並沒有明顯的成長(題組一的第 2 題，題組二的第 4 題，與題組四的第 3、

5、6 題)，有十六個遺傳概念學習均有顯著的成長（表 3）。這些結果顯示，在一般常見的教學下，有十六個遺傳概念屬於「先存概念」，有五個遺傳概念屬於「迷思概念」。為何在符合建構論理念教學下與一般常見的教學下，有共同的三個遺傳概念屬於「迷思概念」？各有兩個遺傳概念，僅屬於在符合建構論理念教學下或僅屬於一般常見教學下的「迷思概念」，值得後續探討。

#### 四、研究結論與建議

本研究主要闡述 CDI-B(G)工具的發展與效化，探討遺傳另有概念的成因，以及依據 Chi 和 Roscoe(2002)理論對其屬性進行分類，在對台北地區四所國中 1,512 位國一學生（實驗組 689 人，對照組 823 人）進行研究，結果發現：1. 研究所發展的「生物概念診斷工具」（遺傳主題）(CDI-B(G))，的確能應用於診斷遺傳「另有概念」的成因與屬性；2. 遺傳主題教學前與教學後，學生都比較缺乏「細胞中的基因」的知識，而且對「細胞中的基因」的知識也比較不完整；3. 二十一個遺傳概念中，在符合建構論理念教學裡，有五個概念屬於「迷思概念」，有十六個概念屬於「另有概念」；在一般常見的教學下，有五個概念屬於「迷思概念」，有十六個概念屬於「另有概念」。

依據本研究結果，研究者建議教師在課室教學時，若能深入考慮所教授的概念是屬於「迷思概念」或是「另有概念」，以及學生產生「另有概念」的成因，是「缺乏的知識」或是「知識不完整」所導致，將能更有效地提升學生的概念理解與實際的概念教學成效。

#### 五、參考文獻

- 林祖強、涂志銘、張賴妙理、鄭湧涇 (2003)：七年級學生對循環系統之另有概念研究。中華民國第十九屆科學教育學術研討會論文。國立台灣師範大學，台北市，台灣。
- 涂志銘、張賴妙理、鄭湧涇 (2001)：運用診斷測驗探究國一學生對神經系統之另有概念。中華民國第十七屆科學教育學術研討會論文，國科會。12 月 7-8 日，國立高雄師範大學，高雄市，台灣。
- 涂志銘、張賴妙理、鄭湧涇 (2003)：國一學生遺傳概念改變之研究。中華民國第十九屆科學教育學術研討會論文。國立台灣師範大學，台北市，台灣。
- 張賴妙理、涂志銘、鄭湧涇 (2001)：符合建構論者理念的教學策略對生殖與遺傳概念學習成效的影響。中華民國第十七屆科學教育學術研討會論文，國科會。12 月 7-8 日，國立高雄師範大學，高雄市，台灣。
- 張賴妙理、鄭湧涇 (2000)：運用診斷測驗探究國一學生對光合作用的另有概念。中華民國第十六屆科學教育學術研討會論文，國科會。12 月 8-9 日，國立台灣師範大學，台北市，台灣。
- Changlai, M.L., Tu, C.M., & Cheng, Y.J. (2003). The Effects of constructivist's view of teaching strategies on 7th grade students' conceptual understanding of respiration. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, March 23-26, Philadelphia, Pennsylvania.
- Chi, M.T.H., & Roscoe, R.D. (2002). The process and challenges of conceptual change. In M. Limon & L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*. (pp.3-27). Kluwer Academic Publishers. the Netherlands.
- Driver, R. (1988). Theory into practice 2: A constructivist approach to curriculum development. In P. Fensham (Ed.) *Development and dilemmas in Science Education* (pp. 133-149). London, New York, Philadelphia: The Falmer Press.

Duit, R (2004). *Biography STCSE: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. Kiel, Germany: IPN-Leibniz Institute for Science Education. (<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>)

Gilbert, J.K., Osborne, R.J., & Fenshan, P.J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623-633.

Mansfield, H., & Happs, J. (1996). Using student conceptions of parallel lines to plan a teaching program. In D.F. Treagust, R. Duit, & B.J. Fraser, (Eds.) *Improving Teaching and Learning Science and Mathematics*. pp. 120-130. Teachers College Press. Teachers College, Columbia University, New York.

Osborne, R.J., & Freyberg, P. (1985). *Learning in Science: the Implications of Children's Science*. Heinemann Publishers: Auckland, New Zealand.

Tu, C.M., Changlai, M.L., & Cheng, Y.J. (2002). *The Effects of Constructivist's View of Teaching Strategies on 7<sup>th</sup> Grade Students' Learning Photosynthesis Concepts*. Paper presented at the 33<sup>rd</sup> Annual Conference of the Australian Science Education Research Association, July 11-14, Townsville, Queensland, Australia.

Tu, C.M., Changlai, M.L., & Cheng, Y.J. (2004). Effects of Constructivist Teaching Strategies on 7th Grade Students' Learning of Reproduction and Genetics Concepts. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, April 1-4, Vancouver, British Columbia, Canada.

表 1：教學前後，學生們在四個題組中表現「知識不完整」和「缺乏知識」的情形

題組內的遺傳概念	概念學習情形	教學前		教學後	
		人數	(%)	人數	(%)
		(平均值)		(平均值)	
一、親代的基因會遺傳給子代，但親代的表現型和子代的表現型不一定相同	「知識不完整」	290	(19.0)	「知識不完整」	202 (13.2)
	「缺乏知識」	184	(12.0)	「缺乏知識」	82 (5.4)
二、親代的隱性基因是會傳給子代	「知識不完整」	434	(28.4)	「知識不完整」	315 (20.7)
	「缺乏知識」	239	(15.7)	「缺乏知識」	128 (8.4)
三、父親和母親在遺傳的貢獻度相同	「知識不完整」	432	(28.3)	「知識不完整」	299 (19.6)
	「缺乏知識」	204	(13.4)	「缺乏知識」	111 (7.3)
四、細胞中的基因	「知識不完整」	541	(35.4)	「知識不完整」	478 (31.3)
	「缺乏知識」	319	(20.9)	「缺乏知識」	197 (12.9)



表 2：在符合建構論理念教學下，學生學習遺傳主題的「迷思概念」

事件	題目	人數	t	p
一、「 <u>小華</u> 具有一頭卷髮，爸爸和他一樣也是卷髮，但是媽媽卻是直髮，你認為 <u>小華</u> 有沒有遺傳到母親的直髮基因？(卷髮基因是顯性的)」	(2) <u>小華</u> 體內控制頭髮的基因一個來自爸爸，一個來自媽媽，表現出那一個基因的性狀(特徵)要看運氣。	504	-1.08	0.312
	(4)因為 <u>小華</u> 是男生，所以控制頭髮的基因全部來自爸爸，都是卷髮基因，沒有媽媽的直髮基因。	611	-1.46	0.145
二、「 <u>小明</u> 是單眼皮，但是 <u>小明</u> 發現爸爸和媽媽都是雙眼皮，為什麼會這樣呢？」	(4)雙眼皮的夫妻一定會生下雙眼皮的小孩，所以 <u>小明</u> 可能是被收養的。	579	-1.04	0.298
三、「 <u>小倩</u> 長得比較像媽媽，比較不像爸爸，這是不是表示 <u>小倩</u> 遺傳到比較多媽媽的基因？」	(5)因為 <u>小倩</u> 是女生，所以基因都是來自於媽媽。	599	-0.58	0.564
四、人體的細胞中含有許多的基因，基因可以控制遺傳性狀。	(5)人體的基因來自父母，所以有些細胞內的基因與父親的細胞相同，有些細胞內的基因和母親的相同。	533	-1.58	0.115

表 3：在一般常見教學下，學生學習遺傳主題的「迷思概念」

事件	題目	人數	t	p
一、「 <u>小華</u> 具有一頭卷髮，爸爸和他一樣也是卷髮，但是媽媽卻是直髮，你認為 <u>小華</u> 有沒有遺傳到母親的直髮基因？(卷髮基因是顯性的)」	(2) <u>小華</u> 體內控制頭髮的基因一個來自爸爸，一個來自媽媽，表現出那一個基因的性狀(特徵)要看運氣。	619	-1.60	0.111
二、「 <u>小明</u> 是單眼皮，但是 <u>小明</u> 發現爸爸和媽媽都是雙眼皮，為什麼會這樣呢？」	(4)雙眼皮的夫妻一定會生下雙眼皮的小孩，所以 <u>小明</u> 可能是被收養的。	673	-0.90	0.370
四、人體的細胞中含有許多的基因，基因可以控制遺傳性狀。	(3)人體中每個細胞生長的位置、功能和形狀都不同，所以細胞內的基因也不同。	582	-1.43	0.153
	(5)人體的基因來自父母，所以有些細胞內的基因與父親的細胞相同，有些細胞內的基因和母親的相同。	564	2.00	0.046
	(6)人體的每一個細胞(除了生殖細胞外)，都含有相同數量的基因，但是不同部位的細胞，表現的基因不同，使細胞具有不同的功能。	740	-1.43	0.153