

三~六歲幼兒對重量概念的認知： 基礎認知與現象推理

莊麗娟

國立屏東教育大學 幼兒教育學系

(投稿日期：民國 94 年 3 月 14 日，修訂日期：95 年 6 月 30 日，接受日期：95 年 7 月 12 日)

摘要：本研究屬「幼兒重量概念發展」系列研究之一，其目的主要在探測此概念內涵中，比較原發、經驗性推理，分別檢視幼兒對重量的「基礎認知」（含觸感辨識、詞彙理解與重量推測）與「現象推理」（含搬物、落體、浮沈等效應）。研究者鑑於幼兒的認知特質，強調以呼應檢視焦點的故事畫面，來誘發幼兒的想像與推理，期望鮮活的捕捉其思考的互動網絡。研究結果顯示，24 名 3~6 歲幼兒：(1)已能區辨物體的輕重，唯對於微量重量差異（5 克以內）的觸感辨識，需至 6 歲才成熟；(2)對「輕、重」字彙的理解萌發尚早，然在極輕物體中，較無法理解「比較重」與「有重量」二詞的意涵；(3)已能自發採用多元線索，進行重量的預測與現象的推理，「重量」為搬物、落體與浮沈現象的必要考量因素；(4)在如何搬動重物上，能自發提出「力的合成」、「物的分解」、「力的轉換」等三類型解決方法；(5)在如何提昇落體效果上，部分早慧或較年長幼兒，除改善「落體條件」外，另涉及「被撞擊物」的調整；(6)在浮沈推理上，呈現較強烈的認知衝突，並出現「無關聯想」、「隨機線索」、「並立法則」、「協調邏輯」等四種推理機制。

關鍵詞：重量、浮沈、落體、概念發展

緒 論

一、研究動機

概念發展的研究，一直是國內外科學教育研究的一項重點。此類型研究，近年來，陸續從不同的主題、不同的年齡層，採用不同的方法來進行探討，至今仍然不輟。然據研究者統計，截至今日，國內學界對概念發展的研究，多數以中年級以上學生為對象，

涉及小學低年級者，比例不超過 10%（林顯輝, 1992; 陳世輝, 1994; 許民陽, 1995; 陳熙陽, 1997; 林碧芬, 2002）；而涉及學前幼兒者，更是稀少。一般而言，概念的形成，有其長遠的發展歷史，幼年的探索經驗、語彙發展與成人的介入引導，實則逐步建構出個體科學理解的詮釋架構，並進而影響後續概念的調整與發展。基此，此階段的研究，對建構個體概念發展的整體脈絡，應有必要。

而欲追蹤人類早期概念發展的起源，其

研究主題自應跳脫高階科學概念的研究焦點(如物質微粒、化學平衡、加速度等)，從更基礎性的簡易概念著手，此等概念必須是眾多高階概念的共同核心因素，亦必須幼兒期即已蓬勃發展的概念。而「重量概念」實為個體最早期發展的概念之一(Johnston, 1996)，與之相伴隨的有多種類似概念，如大小、密度、壓力等，個體常易混淆(Driver, Guesne & Tiberghien, 1993)；而與之相關的亦有多種效應，如槓桿、單擺、作用與反作用力、斜坡、自由落體、浮力等，個體亦常出現錯誤的歸因(Bar, Zinn & Goldmunts, 1994; Hewson, 1986; Linn, 1977; Maloney, 1985; Osborne, 1984)。若能以此概念來進行探測，將有助於追蹤概念體系的關聯網絡。

此外，幼兒期「概念發展」的探討，亦需同步考量「診斷與分析」的調整。目前科教研究對概念診斷的方式，從紙筆測驗，逐步配合圖片、實物，進行臨床晤談、原案分析(邱美虹, 1994)，或建立智慧型電腦輔助系統(趙銘和黃秀芬, 1996)、遠距診斷庫(施皓耀和陳正賢, 1998)，甚至採用漸進提示動態評量的方式來進行試探等(莊麗娟、邱上真、江新合、謝季宏和羅寶田, 2001)，方式雖然多元，但限於過度倚賴受試者的語文能力，並不全然適用於幼兒。由於幼兒語彙理解有限、表達技巧不足、不易引發動機、對新情境不易適應、注意力短暫等特質(Mindes, Ireton & Mardell-Czidmpwski, 1996)，其「概念檢視」方式，實應強調「興趣」與「自由想像、推理」的誘發，以取得較自然、原發、真實、彈性的思考脈絡；而其「歸納分析」，則應超越口語的表面詞意，透過動作、自發性提問與親近者的詮釋(如父母或教師)，以較精確的分析其概念內涵。

基於上述理由，研究者將以較年幼的「研究樣本」(3~6歲)、較基礎的核心概念(重

量概念)、較整體的「概念網絡」，以及較富誘發性的「檢視方法」(融合故事繪本)，來追蹤個體科學概念的發展脈絡與推理機制。本文屬此系列研究的一部分，將聚焦於較原發、經驗性推理，其推理脈絡係以觸感(feeling heavy)為基礎，而另一部分，則偏向本質、抽象性推理，推理脈絡以物質本質為基礎(how much it contains)，屬較進階的重量認知，已撰文發表(莊麗娟, 2004)。

二、研究目的

- (一)探討幼兒對重量概念的「基礎認知」(含觸感辨識、詞彙理解與重量推測)。
- (二)探討幼兒對重量概念的「現象推理」(含搬物、落體與浮沈效應)。

三、研究問題

- (一)在基礎認知方面，幼兒是否能經由觸感比較兩物體的輕重？是否能理解重量相關詞彙的意涵？其推測物體輕重的判斷線索為何？
- (二)在現象推理方面，幼兒對於搬物、落體、浮沈三種現象，其考量因素為何？存有某些基本觀點？其推理機制或問題解決策略為何？

文獻探討

一、兒童科學概念的發展

- (一)發展脈絡：gut science → lay science → school science

自出生起，兒童的科學概念即在知覺與探索中逐步成長，並形成獨特的迷你理論(minitheories)，該理論為個體詮釋世界的基礎。Claxton(1996)以「變形蟲」的隱喻來說明迷你理論的本質，闡釋其具有「模糊邊界」(fuzzy boundaries)及「可彈性修正」

的特性。迷你理論可概分成三個層次，各層次之來源與本質，見表 1 所示。

(二)推理機制

兒童對於科學現象的推理，限於其認知能力，其推理機制呈現六項特性，分別為 (1)由知覺支配 (perceptually dominated thinking)；(2)有限焦點 (limited focus)，只注意到明顯的特徵，未考量整體系統的互動性；(3)聚焦於改變而非穩定狀態 (focus on change rather than steady-state)，關注系統的易變狀態而非平衡狀態；(4)線性因果推理 (linear causal reasoning)，無法作雙向思考；(5)未分化的概念 (undifferentiated concepts)，同一字詞常有多種混淆意涵；(6)脈絡依賴 (context dependency)，對於同一類現象的解釋，常因情境不同，而採用不同的解釋 (Driver et al., 1993)

此外，Karplus, Formisano 和 Paulsen (1979) 在一系列科學推理的研究中發現，個體思考能力，可分成幾個層次，分別是直覺、過渡、控制。前者未充分利用可使用的資料，以不合邏輯的方式來推理；次者則片面的使用資料，未提出完整的基本理由；而後者最為成熟，能有效使用關鍵因素來解題。

至於在重量概念的發展上，3~6 歲幼兒是否也產生類似的思考型態？較停留在直覺科學的層次？是個有趣的議題。

二、「重量概念」發展的相關研究

(一)重量概念

目前國內外直接探討「重量概念發展」

的研究，其數量有限，且大多以「保留概念」為探討焦點，少涉及其他向度。限於篇幅，本文僅簡述兒童「對輕重的觀點」、「未分化的概念」(undifferentiated concepts)與「重量推測」等三者。至於「保留概念」的相關研究，因非本研究焦點，擬於「幼兒重量概念發展」的第二部分，再分析敘述。

對輕重的觀點，Galili 和 Bar (1997) 指出，孩子對於重量概念的認知是由「主觀重量」(subjective weights，認為重量就是感覺重，亦是一種壓力，pressing force)，逐漸進入「客觀重量」(objective weights，所包含的量，how much it contains)，前者主要由觸感經驗構成(如搬、舉、推動物體)，而後者則逐漸關注物體的本質特性。此外，孩子們對「輕與重」，有其一般性的觀點，重的東西，常代表著 (1)穩定 (stable) – 如不易被搬動或舉起；(2)強壯 (strong) – 如能壓碎其他物體；(3)能克服阻力 (overcome the resistance of the media) – 如能在水中下沉 (Bar et al., 1994; Piaget, 1972; Smith, Carey & Wisner, 1985)。

有關「未分化概念」的研究，以 Piaget 和 Inhelder (1974) 較先展開，透過「將蠟及陶土球做成一樣重」及「將不同重、不同體積的物體放入水中，預測水位上升的高度」等情境，其宣稱：前操作期兒童並無法有效的區分重量和體積的差別。限於皮氏研究的語文抽象度較高，後續學者 (Smith et al., 1985)，以更直接、非語文、操作的方式來

表 1：迷你理論各層次之特性

特性	科學概念之層次類別		
	1.直覺的科學 (gut science)	2.外行的科學 (lay science)	3.學校的科學 (school science)
1.來源	自發性反應、直覺判斷	非正式他人或媒體的傳遞，主要透過日常語言的形式。	透過有限、一致的科技概念來驗證。
2.本質	非預先考量、非反省性的，可能含有較多的迷思概念。	包含一組神奇的事實，可與他人交換，作為探索或建立友誼的工具。	含有語言及數學的超結構，此結構有時是反直覺的。

進行，結果發現：大多數 3-9 歲幼兒，已能區分大小及重量概念，唯仍無法區分重量及密度概念。Driver 等人（1993）亦指出孩子所說的重量，常包含著壓力、密度等意涵，概念間有相當程度的混淆與困惑。Cromer、Zahopoulos 和 Silevitch（1994）亦有類似的論述。

而在「重量推測」上，多數兒童對於重量的預測並未成熟，他們常以「大小」作為預測重量的可靠指標（Piaget & Inhelder, 1974），甚至會受顏色干擾，認為顏色不同重量就不同（林碧芬, 2002）；而重量與地球引力的關係，亦非年幼兒童所能理解（顏稚仁, 2002）。值得一提的是，兒童常認為極輕物體「沒有重量」，這種現象在 Smith 等人（1985）的研究中，得到進一步的支持。Galili 和 Bar（1997）並指出，需到 10 歲以後，有 30% 左右的兒童，才會認為灰塵及空氣具有重量。而將空氣視為物質，具有重量的認知，與蒸發保留概念的發展息息相關。

綜合上述可知，觸感經驗實為重量概念發展的原初因素，在生命初期，個體對於概念的內涵，受限於知覺、經驗與心智能力的不足，其對概念的認知常較模糊，易產生類似概念混用、不當推理的狀況。研究者認為觸感覺知（辨識效應）、習得詞彙、推理預測之間，互有關聯，此數者應是探討此概念發展不可或缺的層面。

（二）涉及重量因素的相關現象

探討重量所產生的效應，一直是概念診斷的重點，其中廣泛包括了槓桿、浮力、自由落體、斜坡運動、作用與反作用力或單擺等，但多數以中學生為以上為對象，少涉及年幼兒童。研究者擬呼應幼兒對輕重的觀點（穩定的、強壯的、能克服阻力的），僅探討搬物、落體、浮沈等三種現象，其中搬物為最原發的生活經驗，此類探討別具意義，唯目前研究闕如。以下僅說明落體與浮沈現象。

在「落體」現象中，Osborne（1984）指出「重的物體比輕的物體落得快」為中學生普遍的先前概念，不少學生認為重力作用在物體的「重量」上，使物體下落。其次，Bar et al.（1994）則指出，有 50% 5~7 歲幼兒認為「輕的物體會落得快」，原因可能來自於他們日常生活中丟擲東西的經驗（throwing things），此結果與 Piaget（1972）的研究結果相似。該研究亦指出，5~13 歲兒童對物體為什麼會下落的原因，隨年齡的增長，依序會提出支持（support）、重（heaviness）及地球引力（the earth's attractive force）等三類歸因，對於 8 歲以下的兒童而言，沒有支撐物、重是物體在空中下落的主要原因。

而在「浮沈」現象中，多數兒童會以重量、大小、外觀作為判斷浮沈的依據（Howe & McMahon, 2003; Inhelder & Piaget, 1958; Rowell & Dawson, 1977; 陳玉真和簡淑真, 2004），其次，空心或實心亦為判斷線索（王龍錫, 1991）。Posner 和 Gertzog（1982）發現低年級學生尤其對於體積變小、揉皺、鑽孔後物體的浮沈情況，更為不解。一般而言，「重會沈，輕會浮」是最常的迷思，部分孩子會認為船會浮是因為它比水輕（Piaget, 1970），甚至認為「能浮在水面上的物體沒有重量」（王龍錫, 1991）。莊麗娟（2001）亦指出，四年級兒童有 67% 純粹以「重量」因素來推測浮沈狀況，另有 11% 的學生會先看重量，若重量相等再看體積，認為體積大比較會沈，可見兒童並未因考量向度的增多而遞減其迷思。

一般而言，凡涉及「重量」因素的科學現象，「重量」常是主導性的判斷線索。在這類型的迷思中，包含兩種情況，一是現象本身與重量無明顯相關（如自由落體、單擺等），而誤以為有關，這種偏見常常相當固著；二是現象本身與重量有關，然而尚涉及其他因素（如浮力、槓桿等），但學生卻常

以為重量為唯一的因素。

綜言之，有關重量概念的發展研究，研究者認為可在向度上，作較系統的擴展，對於 3~6 歲幼兒，「重量概念」發展的研究，可分成三個向度來探討，首先是「重量是什麼？」，含「基礎認知」（基於觸感經驗）與「本質認知」（關注內在本質）；其次，是「重量的現象」，含搬物、落體與浮沈現象。最後是「重量的改變與恒定」，含離地高度、爆開或壓縮、變形或分割、溶解、冷熱效應等。其中「基礎認知」與「重量現象」，均屬知覺、經驗性推理，彼此互有關聯，可歸屬同一脈絡（為本研究焦點），而「本質認知」與「重量的改變與恒定」，則較涉及抽象本質或微觀特性，屬另一脈絡機制（已

撰文發表，莊麗娟, 2004）。見圖 1。

三、晚近發展心理學家觀點的啟示：幼兒潛能的展望與檢視方式的調整

(一) 幼兒潛能的展望

年幼兒童在思考推理上，有別於成人，是不爭的事實。然而，晚近發展心理學者對皮亞傑的觀點提出若干挑戰，指出幼兒的能力可能超過我們先前的認定。

首先，皮亞傑認為 3、4 歲的孩子沒有排序的能力。然而若是將排序物（sticks）的數目減至 4 根，那麼就有將近四分之三的 3、4 歲孩子能正確排序 (Koslowski, 1980)。其次，皮亞傑認為學前的孩子還未具有分類的能力，但目前的研究發現，即使是 2、3 歲的孩

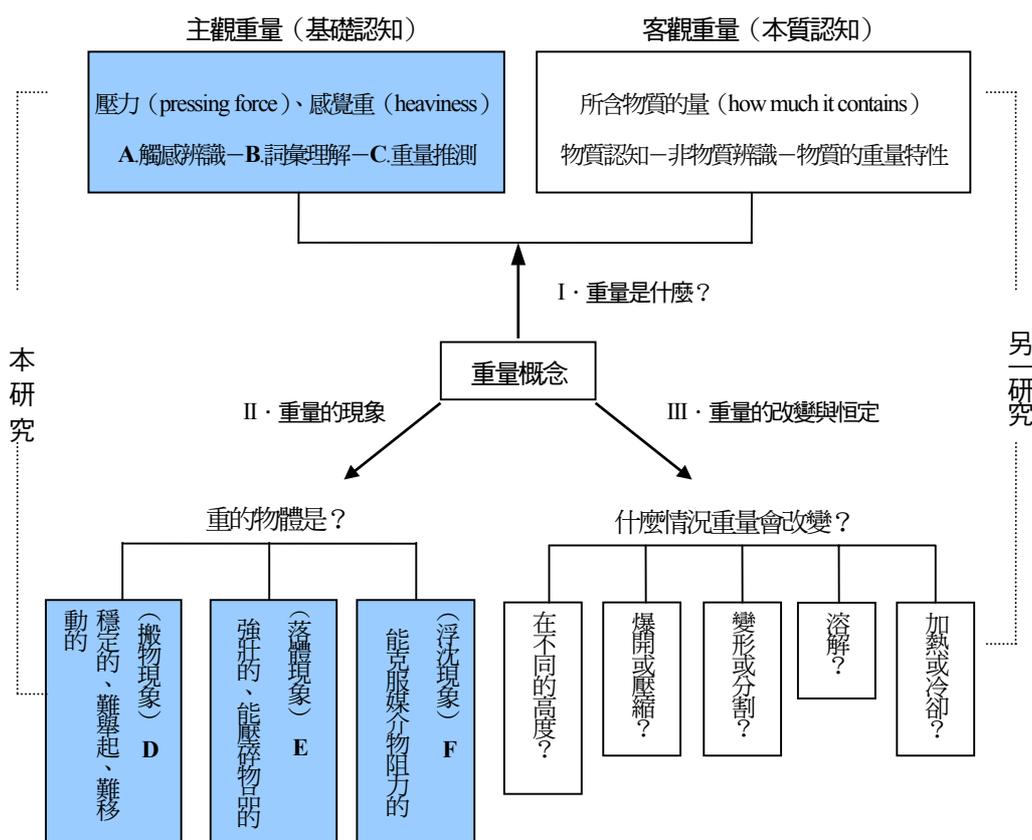


圖 1：3~6 歲幼兒對重量概念認知之架構

子也能分辨槌子是工具而櫃子是家具 (Blewitt, 1994)。此外，透過「習慣化 – 去習慣化」的設計，發現 5 個月的嬰兒已能預測物體行進的空間關係，具有物體恒存的概念 (Baillargeon & Graber, 1987)，甚至發現即使是 3、4 個月大的嬰兒就具有數感、就能分辨 $1+1=2$ 、 $2-1=1$ (Wynn, 1992)。

(二) 檢視方式的調整

晚近發展心理學家對於個體潛能有較樂觀的估計，主要在於其檢視方式的調整，研究者依據 Berk (1996)、Donaldson (1978)、Koslowski (1980)、Rose 和 Blank (1974) 的論述或研究，將之歸納為五項，分別是：(1) 生活經驗的配合，以較符合幼兒生活經驗的問題，來檢視幼兒認知；(2) 作業難度的淺化，將檢測問題的複雜度降低，避免非關鍵因素的干擾；(3) 語文抽象程度的調整，配合習慣語彙，減緩語文理解侷限；(4) 測驗暗示性的降低，避免重複詢問，造成幼兒誤以為回答錯誤而變更選答；(5) 實驗技術的改變，以較先進的儀器、技術，如腦波儀、注視偏好法來取得嬰幼兒非語文的訊息。

基於上述，研究者認為幼兒的科學潛能，亦可能超越早期的評估，吾人期待以更樂觀的角度，探測幼兒概念認知的發展歷程，期望開展科學教育的新契機。在「概念檢視」方式上，除儘量參考上述原則，並強調幼兒「興趣」與「自由想像、推理」的誘發，以取得較原發、真實、彈性的思考脈絡；而其「歸納分析」，則應超越口語的表面詞意，透過動作、自發性提問，或另從親近者（如父母或教師）取得相關訊息，以較精確的分析其概念內涵與科學知識的起源。

研究方法

一、研究樣本

本研究樣本來自高雄縣、市各一所幼稚

園。此二校係研究者立意取樣所得，其原因主要在於，該二校在幼兒年齡、認知能力及社經背景上，均涵蓋較廣的分佈範圍，有利於取得較多樣性的樣本；其師生互動的品質亦較優，有助於在必要時透過教師訪談，確認幼兒在檢視情境中的反應。基於幼兒概念檢視的難度（如語意溝通不易、關係不易建立、施測極為耗時等），亦為了取得較深入、精緻的訊息，在 3~6 歲每個年齡層中僅取樣 6 人（含高、中、低智商各 2 人），合計共 24 人。全體樣本之魏氏幼兒智力量表 (WPPSI-R) 得分，介於 77 至 141 之間，平均值為 103，標準差為 16。而其家庭背景，多數為經商或民營機構基層員工（占 75%），文教或高科技人才者占 12.5%；家長學歷主要介於高職至專科之間（占 62.5%），碩士以上學歷者占 8%。

二、研究工具

本研究工具以「3~6 歲幼兒重量概念個別晤談表」為主，此外，並配合「焦點問題分組討論綱要」及「家長及教師訪談表」作輔助分析的參考，說明如下。

(一) 3~6 歲幼兒重量概念個別晤談表

本工具在設計上，有三項原則：(1) 作業難度的淺化，降低檢測問題的複雜度，以符合幼兒經驗；(2) 語文抽象度的調整，配合幼兒慣用語彙，以減緩語文理解的侷限；(3) 強調實物、操作及影片，並酌情配合檢視焦點，安排具故事情節的繪本畫面，誘發幼兒的興趣與想像推理，以較真實捕捉幼兒活潑的思考機制。

本晤談表內容分成「基礎認知」及「現象推理」兩大部分。首先，在「基礎認知」上，以呈現實物並配合操作為主，含「重質感物系列」（6 題）及「輕質感物系列」（4 題）二類。每一類目，均同步檢測幼兒之觸

感辨識、詞彙理解與重量推測等能力，此類安排，一者可精減題數，二者有助於資料間的對照，協助必要時的校正。其次，在「現象推理」中，以呈現故事情節的繪本動畫為主，含「搬物」（4題）、「落體」（3題）、「浮沈」（5題）等三類效應。透過富有美感意境的故事繪本及研究者設計的多媒體電子繪本，分別檢視幼兒對上述效應，較自然、原發、豐富的聯想與推理，此為本研究較具創意的設計。見表 2。

有關本工具之檢視架構與應用，另有二項重點，值得一提。

首先，表 2 所呈現的概念檢視內涵，係為彈性架構，仍會因應情境所需作必要的擴展，以取得更豐富、真實的訊息。在「基礎認知」的三大檢視重點中（觸感辨識、詞彙理解與重量推測），亦會配合試題性質作細步的分析。其中，觸感辨識，將配合「輕重」詞彙的呈現與否，與多種材質的重量比較（含 20~60 克及 5 克以內二種差距範圍），檢視幼兒自發性的探索行為與觸感辨識的精確度；詞彙理解，則配合各類提問與幼兒自發性的解說，探測其對「輕與重」、「比較重」、「重量」三類詞彙的理解情形。而重量推測，則透過重質感物的重量比較，分析幼兒判斷物體輕重所援用的線索，並經由輕質感物的微量增減（含序列與並列二種型式），探測其較進階的抽象推理。

此外，表 2 已摘錄各類檢視項目的實施方式與關鍵問語。其中，「現象推理」的部分，主要在呈現相關效應，讓孩子去說明與推理。例如：在「落體現象」中，本研究聚焦於重物掉落在其他物體上所產生的效果（能振動、壓扁、擠壓其他物體），動畫中呈現樹上的葡萄，不斷的滴下汁來，一隻小老鼠安適的躺在地上喝（見表 2 圖片 f），就滴落的葡萄汁而言，它是一個落體，研究者在概

念檢視的情境中，趁著孩子的興緻，詢問這些滴下來的葡萄汁會不會把老鼠壓扁？如果是整串葡萄掉下來又會怎樣？為什麼？等相關推理。在所有的現象推理畫面中，除關鍵問題外，均會伺機作不同的提問，給孩子有較多的發言空間，以較真實探測幼兒的思考脈絡。

(二)焦點問題分組討論綱要

本討論綱要，配合「搬物」、「落體」、「浮沈」三類現象，分別討論「如何搬動重物？」與「如何提昇落體效果？」，以及進行「預測浮沈的遊戲」（分別為蛋 vs. 草、乾 vs. 吸水海棉、完好 vs. 破碎玻璃瓶、玉米粒 vs. 爆米花），藉之取得幼兒問題解決能力或預測推理等相關訊息，以作為分析的輔助資料。

(三)家長與教師訪談表

訪談內容，主要含「幼兒口語能力的相關訊息」、「日常生活或教學上，與重量相關的經驗或事件」二項。同時訪談家長與教師，藉之瞭解幼兒輕重語彙的運用、概念形成的經驗背景，以及幼兒語言意涵等相關訊息，以作為上述二工具概念分析的參考。

以上工具，在初步編製後，共預試二次（每次 4 名幼兒，3~6 歲各 1 人），並於呈現類別、順序、提示語、分析型態上，請益科學教育學者 2 人、認知心理學與評量學者 1 人、幼兒文學與發展學者 1 人，及資深幼教師 2 人，多次修訂以至定稿。

三、實施程序、方法與資料分析

本研究實施程序、方法與資料分析，見表 3。

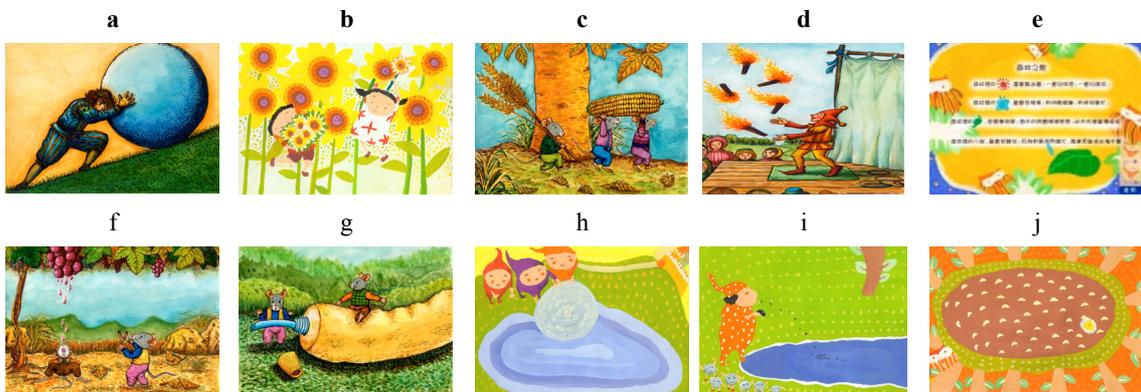
結 果

本研究為試探性研究，研究者雖預先擬定

表 2：「3~6 歲幼兒重量概念個別晤談表」之內涵

類別	具體內容	檢視重點
一、基礎認知	呈現具體實物	
(一)重質感物	1. 無「輕重」詞彙 放置一座紙橋，以及一個較大卻輕的玩具熊、較小卻重的不透明包包 詢問：「大熊和小包包誰能把橋壓垮？為什麼？」	A、B SE、CV
	2. 有「輕重」詞彙 含多種材質之重量比較（如銅、鐵、鋁、木、彈珠）；兩物體積不同，重量差距有「20~60 克」與「5 克以內」二種範圍。每一題，均讓幼兒先猜測「誰比較重？」，並詢問理由；之後讓幼兒實際觸摸，詢問其是否答對，答錯者要求其猜測原因。	A、B、C AF、CV
(二)輕質感物	含保麗龍、羽毛、水滴、汽球等四類素材。 1. 取極微量，詢問「它有什麼特別的地方？」「是重是輕？有沒有重量？」 2. 將物體置於桌面，不讓幼兒觸摸。 讓幼兒推測「微量增加物體」與「微量減少物體」重量的變化，並詢問理由。	A、B、C AF、CV
二、現象推理	呈現繪本的動態畫面。每一畫面，均詢問「你發現了什麼？」並引導至本研究焦點，再問「為什麼會這樣？」	AF、CV
(一)搬物現象	1. 人在斜坡上吃力的推球 ^a 2. 男孩歪歪倒倒的舉起一大束花 ^b 3. 兩隻老鼠搬玉米、另一隻獨自搬麥 ^c 4. 小丑輕鬆的丟火把 ^d	D
(二)落體現象	1. 大小雨滴不停的振動葉片 ^e 2. 葡萄汁不停的滴落 ^f 3. 小老鼠在牙膏上不停的跳著 ^g	E
(三)浮沈現象	1. 大石頭→小石頭→細砂（由重而輕）都沈入水裡 ^{h、i} 2. 木屑→樹枝→樹幹（由輕而重）都浮在水上 ^{j、k、l}	F、CA

(繪本圖片)





- 註：1. 主要分析焦點為 A（觸感辨識）、B（詞彙理解）、C（重量推測）、D（搬物推理）、E（落體推理）、F（浮沈推理）；
2. 附加訊息為 AF（關注焦點）、CA（認知調整）、CV（常用語彙）、SE（自發性探索行為），作為主要分析之補充或佐證參考。
3. 繪本圖片 c 參考 Lionni（1967）Frederick；圖片 d 參考 DePaola（1978）Clown of God；圖片 f 及 g 參考王秋蓉譯，（1996）田鼠之歌。由曾秀卿改畫。

表 3：實施程序、方式與資料分析法

實施程序	方式	資料分析
(一) 樣本擇取	3~6 歲每年齡層擇取高、中、低智商者各 2 人，共 24 人；並調查家庭背景資料（家長職業與教育程度）。	1. WPPSI-R 之分數統計，計算平均數與標準差。 2. 家庭背景資料百分比統計
(二) 概念檢視	含個別晤談與分組討論。 依序進行「3~6 歲幼兒重量概念個別晤談」，每一幼兒分 7~8 次進行，每次 20 分鐘，合計 2.5~3 小時。必要時，亦由幼兒教師陪同，協助溝通語意。各向度檢視後，並依年齡進行「焦點問題分組討論」。此概念檢視之要點為： 1. 配合具體實物、操作與故事繪本，協助幼兒理解並誘發其興趣與想像推理。 2. 視幼兒反應作適度調整（含實物、圖片、具體操作或戶外觀察等）。 3. 在晤談情境中，同步觀察幼兒其他非口語反應，作為概念檢視分析的參考。 4. 以數位錄影及筆記作詳實紀錄。	1. 檢視類目的百分比統計 2. 描述分析，由研究者及二名資深教師進行資料分析，並由科學教育具物理學背景與幼兒認知發展學者鑑定。 資料分析，分兩層次校正，首先是「訊息語意」的校正，以確認訊息資料的真確性，評分者一致性為 .89~.97。其次為「詮釋分析」的校正，以確認幼兒：(1) 概念發展的侷限 (2) 概念萌發的跡象 (3) 思考機制的歸納。評分者一致性為 .87~.93。
(三) 追蹤訪談	訪談家長及教師，包括： 1. 幼兒口語能力的相關訊息（含詞彙的使用、表達的意涵、相配合的肢體訊息等） 2. 生活或教學上，與重量相關的經驗或事件	1. 整體趨勢百分比統計 2. 個別事件描述分析，澄清： (1) 語彙的真實意涵 (2) 推理的經驗脈絡 (3) 關聯的具體事件，作為概念分析的校正參考

概念檢視架構，然亦重視晤談情境中，幼兒自發性的思考、語彙與探索行為。唯因樣本人數較少，各年齡層在各概念向度的成熟比率，可能稍不穩定。少數向度出現年長者的

概念成熟比率，略低於年幼者的情況（見表 7），然由於人數差距僅 1 人，此偏誤現象的產生，應屬抽樣的機率誤差，暫可忽略。茲就「基礎認知」與「現象推理」分析探討。

一、重量的基礎認知

茲分別就「觸感辨識」、「詞彙理解」、「重量推測」三方面，依序說明。

(一)觸感辨識

1.無「輕、重」詞彙的情境

無「輕、重」詞彙的檢視情境，係呈現兩個實物（輕的大熊 vs. 重的小包包），要求孩子從中選擇一物來壓垮紙橋。幼兒的反應如表 4 所示。

從表 4 可知，在 24 名 3~6 歲幼兒中，有 18 人 (75%) 有自發性探索物體重量的行為，並能正確的選答。而其餘幼兒，在研究者提示：「你可以拿拿看、摸摸看，再告訴我哪個東西可以把紙橋壓扁？」後，亦能正確選答。此資料正可說明：若未涉及輕重字彙的運用，即使是 3 歲幼兒已能正確的辨識物體的輕重，並瞭解物體重量所產生的效應，作簡易的預測。

2.有「輕、重」詞彙的情境

對於重質感物（含鐵、銅、鋁、木、彈珠）二物重量的比較，直接詢問幼兒「哪個比較重？」，3-6 歲幼兒以觸感區辨重量差異的情形，如表 5 所示。

從表 5 可知，在 24 名幼兒中，以觸感區

辨重量差異的能力有隨年齡增長的趨勢，當兩物體重量差異較大時（20~60 克），即使是 3 歲幼兒亦能正確的分辨誰輕？誰重？至於微量重量差異的區辨（5 克以下），大致需至 6 歲時才接近成熟。

(二)詞彙理解

1.輕與重

在本研究中，3~6 歲幼兒對於「輕」與「重」二詞，已能理解。然而其詞彙的運用，仍有限制。據研究者在系列檢視的實況觀察中發現，「輕」與「重」並非幼兒常用的語彙，當幼兒用手探索物體，其自發提及的詞彙，多數為顏色、大小、形狀、質感（如軟硬、毛毛的等）、甚至是溫度（如涼涼的），即使當物體有明顯的重量特徵時（如明顯的重，或明顯的輕），「輕、重」亦非其最首要提到的詞彙，這種現象尤其在 3 歲以前更為明顯。「輕、重」詞彙，常會以其他詞彙來取代，例如「它好大！」、「它有力量！」、「它很壯！」，在所有取代詞彙中，「大小」最常使用。此外，年齡較小者，也較易發生「大」與「重」二詞誤用的狀況。例如在「輕的大熊 vs. 重的小包包」的情境中，當幼兒決定是小包包會把橋壓扁時，他們可能會說

表 4：24 名 3-6 歲幼兒在無重量詞彙施測情境之反應摘要表

精確度	正確區辨重量差異					無法區辨重量差異				
	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	合計	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	合計
自發性探索物體	4	4	5	5	18 人 (75%)	0	0	0	0	0 人 (0%)
提示後探索物體	2	2	1	1	6 人 (25%)	0	0	0	0	0 人 (0%)
合計	6	6	6	6	24 人 (100%)	0	0	0	0	0 人 (0%)

表 5：24 名 3-6 歲幼兒區辨重量差異情形

精確度	粗略區辨 (20~60 克)				精確區辨 (5 克以內)			
	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲
通過人數 (百分率)	6 (100%)	6 (100%)	6 (100%)	6 (100%)	3 (50%)	3 (50%)	5 (83%)	6 (100%)

「因為它大！」。唯發生詞彙誤用的情況，在本研究中僅 3 人，且均為 4 歲以下幼兒。易言之，就 3~6 歲幼兒而言，對重量與體積二概念的區辨，大多數已成熟。

2. 比較重

對於「比較重」詞彙的理解，在本研究中，3 歲幼兒已初步發展，然而這種理解大多鎖定在重質感物的比較。當兩物體都重時（如 8 cm³ 銅 vs. 16 cm³ 鋁），幼兒頗能輕易的理解並回答「誰比較重？」。然而，當兩物體都很輕時（5 克以下，如一根羽毛 vs. 半根羽毛），若詢問幼兒：「誰比較重？」，愈年幼的孩子愈有可能回答：「一樣輕！沒有誰比較重！」，對於輕質感物的偏差反應，誠如前述可能在於幼兒觸感辨識的不成熟，然而有趣的是，若進一步追問：「那麼，有沒有誰更輕呢？」，孩子則較能正確的指認（如：認為半根羽毛比一根羽毛輕）。此不一致的現象頗值得推敲，研究者懷疑，幼兒對「比較重」的概念，似乎隱含該物體「是重的！」的意思，如果該物體拿起來很輕，即使它比其他物體重一點點，在他們的認知，它就沒有「比較重」的道理。易言之，幼兒似以「自己」作為比較物體輕重的參考依據，而非作兩物間的相對比較。這種現象，大約有 33% 的 3、4 歲孩子會發生，而在 5 歲以後，此詞彙的理解與應用大致可成熟。

3. 重量

「重量」詞彙的理解，在難度上較高，24 名孩子中，只有一名 6 歲的孩子（智商 132），真正瞭解這個詞彙的意思。而絕大多數 3~6 歲幼兒（占 96%），對於極輕物質，會認為「它很輕，沒有重量！」。然而研究者從多種檢視資料中發現，他們所謂的沒有重量，其實主要並非指該物體的「重量是零」的意思，而是說「它沒有重！」（不重的意思）。孩子們對於「沒有重量」的認定，事實上仍

分成幾個層次，以一小粒保麗龍、一小根羽毛及一小滴水而言，多數孩子（約 79%）會認為它們都沒有重量，有 4% 認為保麗龍及羽毛沒有重量；另有 12.5% 的孩子認為只有保麗龍沒有重量，不同的孩子對究竟要到什麼程度，才算很輕，才沒有重量，有不同的認定，這是個有趣的議題。更有趣的是，有 8% 的孩子非常堅定的認為很輕的物體，沒有重量，但它有「輕量」，這個自創的新詞，在後續的診斷中，一再的出現，呈現出孩子們在詞彙思考上的邏輯，十分特別。

(三) 重量推測

1. 判斷物體輕重的線索

3~6 歲幼兒運用什麼線索來推測物體的輕重？從一系列測試中（如大熊 vs. 小包包、一樣大的銅 vs. 木頭、大鋁 vs. 小鋁、大木頭 vs. 小鐵、大保麗球 vs. 小彈珠、大棉花 vs. 小鋁等），可整理如表 6 所示，並有下列發現。

(1) 即使是 3 歲幼兒仍會採用多樣線索來進行推測

在檢視情境中，研究者發現，多數幼兒在判斷物體輕重時，除了「體積」之外，仍能彈性援用其他不同的線索來進行推測。在所有判斷線索中，體積雖是每一個孩子都會用到的線索，但是幼兒在判斷兩物體輕重時，體積往往不是唯一考量的因素，即使是 3 歲幼兒，也都能援用一種以上的線索進行推理。研究者發現，這些極年幼的孩子，在思考上仍有條理，他們往往只在兩個物體都用相同的東西做的時候，才會只看體積的大小；一旦兩物體材質不同，他們會小心再看看其他條件。而這些條件中，廣泛的包含了硬度、內容物、材質、運動狀況（含落下聲音、速度、被風吹走的容易程度）、撞擊力、疏密程度、顏色、形狀等，其中固然有若干迷思概念（如認為黑色就重、白色就輕），但大致上仍具有相當程度的合理性。

表 6：24 名 3~6 歲幼兒判斷物體輕重的線索摘要表

依據的線索	體積	硬度	內容物	材質	運動狀況	顏色	形狀	其他
人數	24	19	15	15	5	5	3	4
百分率	100%	79%	63%	63%	21%	21%	13%	17%
說明	1.大的重 2.小的輕	1.硬就重 2.軟就輕	1.裡面裝東西就重 2.裡面空空的就輕	1.像石頭、像金、像鐵、像玻璃就重 2.像雲就輕	1.落下聲音大、落下速度快、撞擊力大就重 2.容易飛、容易滾來滾去就輕	1.黑色重 2.白色輕	1.圓圓的重 2.扁扁的輕	1.不容易破就重 2.容易黏東西、鬆鬆的就輕

(2)物體的「軟硬」是極重要的研判線索

在本研究中，物體的「軟硬」是 3~6 歲幼兒極重要的研判線索，有 79% 的孩子，在推理物體的輕重時，會參考這個因素來判斷。

「軟的東西就輕、硬的東西就重」，在其生活經驗中，確實有不少相類似經驗；據此，研究者在小組討論時，特意問「世界上有什麼東西是軟軟的，但是重重的？」，所有的孩子一時之間，有點想不出，撐了許久，突然有人想到「棉被」，而且是「大大」的棉被！接著一名 3 歲幼兒想出在他們園所裡養了一隻兔子，抱起來好重！這個觀點立刻取得全部孩子強烈的認同，於是大熊、老虎、恐龍等動物就紛紛出籠。他們會儘可能提出較大的動物，如大象。其中一名 3 歲幼兒更強調必須是「死掉的大象！」，一個死掉不會動的東西會更重，想法雖然天真，但是卻強烈符合孩子們的觸感經驗。

(3)用類似材質來進行判斷，是一種成熟的推理機制

在檢視情境中，幼兒們也呈現一種明顯的傾向，有 63% 的孩子對於不熟悉的物體，會觀察它像什麼材質，然後再來推測它的輕重。例如：認為鋁像石頭、銅像鐵所以比較重；棉花像雲、保麗龍像紙、木頭像積木做的所以比較輕。孩子們在敘述理由時，呈現

出他們類化的能力，雖然在材質的認定上或許有些偏差，但這種類化推理的機制展現出合理與成熟的一面，也展現了他們認知學習的可能性。

(4)內容物概念可能是發展密度概念的契機

在所有判斷線索中，多數幼兒常以「內容物」來判斷物體的輕重，有 63% 的孩子會用到這種線索。尤其在「小彈珠 vs. 大保麗球誰重？」的情境中，大多數的孩子會注意到彈珠內有一些楊桃狀的物體，於是推測彈珠較重。而在「大熊 vs. 小包包」中，一旦孩子們用手拿過，知道小包包比較重量，就會用內容物概念來說明，一名 6 歲幼兒猜測包包是「因為它裡面石頭比較多，就有重量」。研究者發現，3 歲幼兒在採用內容物概念來說明物體的輕重時，配合了他們的經驗，也運用了某種程度的想像力，例如，他們發現小鐵比大木頭重時，就認為「因為它裡面有放超大、超大、超大的東西」、木頭輕是因為「它沒有裝東西」，本研究中，有 50% 的 3 歲幼兒有這種傾向；另一名 6 歲幼兒更清楚的指出，「那個亮晶晶的東西（鐵）重，可能是東西裝得滿滿的」，以內容物來推測或說明物體的輕重，在本質上與「密度」概念，已有相通之處，一名 6 歲孩子甚至用「鬆鬆的」來說明，這種現象，似乎可作為引導孩

子更進一步瞭解密度概念的介入點。

(5)判斷物體輕重的線索，已能同步掌握動態因素（運動狀態）

即使是 3 歲幼兒對物體輕重的判斷，除了靜態因素（大小、硬度、材質、內容物等）外，對物體運動狀態所呈現出來的訊息也能同步考量。例如在檢視情境中，研究者就發現一名極安靜的孩子，在猜測「大保麗龍球 vs. 小彈珠誰重？」，初期相當的躊躇，而在偶然一陣微風吹過時，立刻指出大保麗龍球比較輕，因為那時候保麗龍球微微的動了一下！孩子們認為掉下來的聲音大、撞擊力大、掉下來的速度快就重；容易被風吹走、飛、滾來滾去就輕；一旦物體呈現了這些動態訊息，3~6 歲幼兒幾乎不會遺漏，超越了觸感，他們呈現相當活潑的推理機制！

2.微量物體重量變化的推測

在一系輕質感物的診斷情境中，研究檢視幼兒在不經由手觸摸，對於「微量增減物體」重量變化的抽象推理。幼兒反應如表 7 所示，並有下列發現。

(1)推測「微量增減物體」的重量變化仍未成熟

從表 7 可知，一直到 6 歲，幼兒對微量增減物體的重量變化，仍未完全成熟。尤其是在微量增的部分更有困難。不少孩子認為在保麗龍（或水滴）上再加上一小粒保麗龍

（或一小滴水），不會變重。「微量增不會變重」的結果與 Smith 等人（1985）的研究似可相合。然而，基於幼兒語彙理解能力的不足，此資料似仍有進一步分析的必要。研究者懷疑：幼兒所謂的「不會變重」，極可能並非指「重量沒有增加」的意思，而是指微量增以後，物體還是輕的，它仍然「沒有變成是重的東西！」。從原始資料及表 7 備註欄中，可略看出端倪，如果孩子們認為增加一小粒保麗龍重量不會增加，那麼就表示他將這一小粒物體的重量視為零，果真如此，在減少一小粒保麗龍的情況下，他就應該認為重量不會減少。但有這類型選答的孩子卻只有 3 人，較多數的孩子（6 人）認為微量減以後會變輕（見備註 a 及 b）。換言之，對於這 6 名孩子，我們似乎不可斷然認定，他們缺乏「微量增重量會增加」的認知。

(2)「並列思考」優於「序列思考」

為了進一步瞭解，研究者改用另外一種型態，進行簡易測試。情境是在桌面上同時排放「1 小粒 vs. 2 小粒保麗龍」（並列展示；先前情境是一小粒、一小粒增加，為序列展示）。問「有沒有一樣重？還是誰比較重？」。全體幼兒在序列與並列展示的答題情況，整理如表 8 所示。

孩子們在並列型式中，對微量增重量變化的推理表現較好。其原因可能在於工作記

表 7：24 名 3~6 歲幼兒對「微量物體重量變化推理」綜合統計表

診斷類別	微量增加物體				微量減少物體			
	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲
年齡	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲
答對人數（百分率）	3 (50%)	4 (67%)	3 (50%)	3 (50%)	4 (67%)	5 (83%)	5 (83%)	5 (83%)
合計	13 人（占全體幼兒的 54%）				19 人（占全體幼兒的 79%）			
備註	在微量增答錯者中：							
	a.認為微量增沒有變重，微量減沒有變輕，有 3 人，占全體幼兒的 13%							
	b.認為微量增沒有變重，微量減變輕了，有 6 人，占全體幼兒的 25%							
	c.答案混亂不穩定，有 2 人，占全體幼兒的 8%							

表 8：24 名 3~6 歲幼兒對「微量物體重量變化」序列與並列展示的答題狀況統計表

診斷類別	序列展示				並列展示			
	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲
年齡	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲
答對人數 (百分率)	3 (50%)	4 (67%)	3 (50%)	3 (50%)	4 (67%)	4 (67%)	6 (100%)	6 (100%)
合計	13 人 (占全體幼兒的 54%)				20 人 (占全體幼兒的 83%)			

憶負荷的減輕及視覺訊息的提示。由於序列的呈現需要幼兒回憶先前情況，比起同時展示，它需要更多的工作記憶，當兩堆物體「同時」呈現眼前時，明顯的視覺訊息，似乎喚起幼兒先前已熟悉的法則，那就是「一樣的東西，多的就比較重！」。

(3)「增減空氣量」產生另類的推理機制——會飛，就變輕！

在汽球內逐漸打氣，再逐漸放氣，呈現出另一種有趣的現象。由於孩子們可能有玩汽球的經驗，約 21% 的幼兒認為當汽球打氣變大時會變輕，「因為它會飛！」。一般而言，愈年幼的孩子，較偏向只根據汽球的大小，來判斷重量的變化，認為逐漸打氣後變重，逐漸放氣後變輕。而較年長的孩子，會同時考量到汽球會飛的因素，認為「汽球變大就會飛，就變輕！」。雖然在重量變化的判斷上，這並不正確，然而這卻是一種較進

階的線索考量，孩子們在這個階段中產生了新的蛻變，雖不成熟並時有矛盾（如認為汽球打氣變輕，因為會飛！放氣也變輕，因為變小了！），但這卻可能是認知成長的契機！

二、重量的現象推理（較重和較輕的物體分別有什麼現象？）

茲分別就「搬物」、「落體」、「浮沈」三方面，依序說明。

(一)搬物

1.搬動物體的考量因素與觀點

當看到「人在斜坡上吃力的推著大而圓的物體」、「男孩歪歪倒倒的捧著一大束花」、「老鼠們忙著搬食物，其中 2 隻合力搬玉黍蜀，而另 1 隻獨自搬著一束細長的麥」及「小丑在舞台上雜耍，輕鬆的丟著火把」等繪本動畫時，孩子們如何解釋這些現象？並產生哪些想法？茲將幼兒反應整理如表 9 所示。

表 9：24 名 3~6 歲幼兒說明「搬物現象」所考慮的因素摘要表

考量因素	重量	體積	傾斜度	力氣	形狀	內容物	其他
人數	24	23	24	8	4	2	6
百分率	100%	96%	100%	33%	17%	8%	25%
觀點想法	重量：重比較搬（或推、丟）不動 體積：大或多（限於同質或類似物） 斜面：坡度陡 力氣：沒力氣 形狀： (1)長形要多點老鼠搬，才不會掉下去 (2)斜坡時，球圓圓的容易滾下來，更推不動 內容物：玉米要多點老鼠搬，因為裡面有骨頭			其他： (1)斜坡太滑，就推不動 (2)沒吃飯 (3)手不夠大 (4)用力的就會推得動 (5)有人幫忙就搬得動 (6)搬好多朵花，因為花會亂動亂的，就會不平衡			

從表 9 可知，「重量」是每個孩子都會考量的因素。「重就搬不動」是幼兒已經熟悉的法則。甚至他們會從畫面中主角的反應，來推測不熟悉物體的重量，例如在雜耍丟火的畫面中，92% 的孩子看到小丑輕鬆的表情，就認定火把是輕的，即使它的火焰很大！

一般而言，孩子們還是非常容易以物體的大小或數量，來推測它容不容易被搬動。然而，只有在相同或相似的物體中，他們才會運用這個原則來判斷。例如，在老鼠搬玉米及麥的情境中，兩樣物體，一個較疏鬆、一個較密實，就沒有孩子以「大小」來說明為什麼玉米需要 2 隻老鼠來搬。其中有一名 4 歲的孩子就說：「因為玉米裡面有骨頭！」

研究者也發現，在說明為什麼搬不動時，愈年幼的孩子，愈會以「人」作為探究的焦點，如「他沒有力氣」、「他用小力」、「他手不夠大」或「他沒有吃飯」，本研究中，有 58% 的 3-4 歲幼兒就曾出現這種傾向（5、6 歲僅 17%）；而愈年長的孩子，愈會歸結到物體或情境因素，如「斜坡太滑」、「花太多會亂動亂動，就會不平衡」等。

此外，由於情境的特殊性（斜坡上的推球體），誘發出孩子們對傾斜度的看法，在本研究中，即使是 3 歲幼兒都能毫不遲疑的認定，坡度愈陡，愈推不動（答對率 100%）。對於坡度愈陡愈推不動，有些孩子自發的提

出一些說明：「這樣東西會更重！」（4 歲）、「因為球是圓圓的，容易滾下來！就更推不動」（6 歲），當斜坡架高（陡）時，孩子們覺得那是件悲慘的事，因為「那個人會被壓扁！」。對於斜坡上推不動的球體，1 名 5 歲幼兒覺得必須想個辦法解決：「用跑的就推得上去！」，孩子們在斜坡上推動物體的觀念，其實已涉及球體的轉動動能與力學等相關概念，雖然他們的理解還不深入，仍待琢磨，但幼兒的的確確從他們的生活及遊戲中，逐步感受並進行理解與推論。

2. 搬動重物的方法

怎樣把 DePaola (1997) 故事中的大馬鈴薯從地底下挖起來，並且把卡在道路中間，妨礙出入的大馬鈴薯移走，孩子們在分組討論中提出各種辦法，如表 10 所示。

從表 10，不難發現孩子想法中合理及天真想像的成分。在這些解決的方法中，大致可歸納出「力的合成」、「物的分解」與「力的轉換」等三種型式。此三者愈後者愈成熟。

(1) 力的合成 – 為 3 歲幼兒最主要的思考型態

對於移動重的東西，孩子們最先想到的，就是要增加力量（力的合成），3 歲幼兒尤其有這種想法。在增加力量的方法中，「很多人一起搬」是最直接的；其次，他們會想到「用車子載」，對幼兒而言，大的車子常是

表 10：24 名 3-6 歲幼兒對於「搬動重物」的解決方法摘要表

解決方法	合力	分解	用車子 交通工具	用大動物	用機械工具	用大自然的 力量	其他
說明	很多人幫忙	切一小塊一小塊搬	1. 卡車 2. 公車 3. 雪橇 4. 直昇機	1. 水牛 2. 大象 3. 老虎 4. 怪獸 5. 巨人	1. 挖土機 2. 棍子撬 3. 用輪子滾	1. 地震 2. 龍捲風 3. 大水沖	1. 在馬鈴薯中間挖個山洞，人就過得去，用不著搬 2. 做個溜滑梯直接讓馬鈴薯滾下去 3. 切掉馬鈴薯下半部，讓它倒下人就過得去

有力量的，那麼這個任務交給它應該是沒有問題！接下來，他們會想到「用動物」來幫忙，愈大愈理想，最好還要「兇猛」些，譬如怪獸，這樣才會更有力！在所有的方法用盡之後，來個地震、龍捲風或大水沖，那麼馬鈴薯不移走都不行！

(2)物的分解 – 4 歲左右逐漸萌發

孩子們想到增加力量，有時候真的是很不可能，於是提出第二種脈絡—把物體的重量變小（物的分解），也就是把馬鈴薯成切小塊再慢慢搬走。從團討中發現，這種物體分解的想法，提出者的最小年齡為 4 歲。易言之，此思考較明確的萌發，可能在 4 歲左右。

(3)力的轉換 – 5 歲以後開始形成

力的轉換是一種運用工具來增強作用力或減少摩擦力，以達到省力效果的方式。研究者在團體討論中，也確實發現一些事例。其一，是由一名 5 歲幼兒提出，他認為要移走馬鈴薯，要「用一根大棍子，然後用力的在棍子後面一直壓、一直壓、用力踩、用力踩」，從現場幼兒的相關動作與實物示範中，研究者發現其特意利用桌角作為木棍的支撐點，並在最末端施力，此現象類同「槓桿」

的應用，其中已涉及支點與施力位置；另一例，則是由一名 6 歲幼兒提出，他認為要用「輪子」架在下面滾，來幫忙移動大馬鈴薯。孩子們的反應與早期人類移動重物的方式，如：把重物放在好多根橫躺的樹幹上，滾動樹幹來移動重物，其實有相符合之處。幼兒的潛能，在此可略看出端倪。

(二)落體

配合「重的物體是強壯的」觀點，在「落體」中，本研究主要探討重物掉落在其他物體上所產生的效果（能振動、壓扁、擠壓其他物體）。限於幼兒的認知能力，有關地球引力、加速度等相關認知，非本研究焦點。茲將研究結果說明如下。

1.落體現象的考量因素與觀點

當看到「大小雨滴不停的振動葉片，葉片有不同程度的振動」、「小老鼠躺在樹下，安適的張著嘴喝著從樹上滴下來的葡萄汁」及「老鼠們興高采烈的在牙膏上，不停的跳著，牙膏有不同程度的起伏」等繪本動畫時，孩子們如何解釋這些現象？並產生哪些想法？茲將幼兒反應整理如表 11 所示。

從表 11 中可知，在說明落體現象時，「重量」是每個孩子都會考量的因素，對於相同

表 11：24 名 3-6 歲幼兒說明「落體現象」所考慮的因素摘要表

考量因素	重量	體積	硬度材質	落下高度	被撞擊物的狀態	其他
人數	24	22	5	24	8	2
百分率	100%	92%	21%	100%	33%	8%
觀點想法	重量：重的東西落下來，比較會壓扁(振動)其他東西			備註：		
	體積：大或多 (限於同質或類似物)〃			(1)當重的東西從天上下時，會壓痛、壓扁、壓垮其他的東西，會產生較大的聲音，甚至這個落下來的東西也會破掉，流出水來！		
	落下的高度：高度高〃					
	硬度：硬的東西〃					
	被撞擊物的狀態：			(2)認為重的東西落下的速度快的有 19 人 (占 79%)、慢的有 2 人 (占 8%)。		
	(1)被撞擊物比落體輕，愈會被壓扁					
	(2)被撞擊物比落體小，〃					
	(3)沒有支撐物或支撐物材質不堅固，〃					

或相似的物體，孩子們也非常容易以物體的大小或數量來推測落體的效果（有 22 人，占 92%）。重或大（多），常是一種力量的表徵，當它們從天上掉下來時，下面的東西會比較遭殃，如果這個落體是硬的，那情況就會更慘！

然而，對於落體的效果（如壓扁），孩子們的關注點，並非僅止於「落體」本身，他們同時也會考量到「被撞擊物」的條件（是否脆弱？）。換言之，物體究竟會不會被壓扁？不是一個絕對性的問題，而是落體與被撞擊物相對比較的問題：「一串葡萄會把老鼠壓扁，因為老鼠比較小」。提出這類觀點的最小年齡是 4 歲。也許我們可以說，在一個較具情節、較符合生活經驗的脈絡裡（而非孤立的實驗室），孩子們對於現象的思考，其實並非那麼的「集中性」（centration，只固著於單一向度或單一事物），反之，他們能同步考量二物的相對條件！只是他們的相對比較，較聚焦於大小或重量的比較。此外，被撞擊物的其他特性（如內部有沒有支撐物？支撐物是否堅固？），也是孩子們關注的條件（有 4 人，占 17%）。只是愈年幼的孩子（3、4 歲），對於「支撐物」的關注，較鎖定在「有沒有？」的問題，而愈年長的孩子（5、6 歲），則愈重視它的「材質與結構」。

最後，由於繪本畫面的聯想性（跳躍的老鼠與牙膏），許多孩子對這個畫面感到有趣！因此，誘發出他們對於「落下時的高度」

的關懷，所有的孩子都知道「從愈高的地方落下來，下面的東西愈容易被壓扁」。對於他們（即使是 3 歲），能超越落體的「重量」因素，另外涉及高度，我們覺得可喜。

2. 提昇落體效果的解決方法

小老鼠在牙膏上跳著，突然間牙膏蓋打開了，牙膏流了出來，怎樣讓裡面的牙膏擠出來更多更多？在分組討論中，孩子們提出各種辦法，整理如表 12 所示。

從表 12 可知，孩子們的解決方法，可分成改善「落體的條件」及改變「被撞擊物的狀態」兩方面。

(1) 落體的條件

對於如何提昇落體的效果，孩子們最原發的想法，就是「用力的跳，而且不要停」。在本研究中，這方法幾乎是 3、4 歲幼兒思考的主體（有 83% 有此傾向），對於 5、6 歲的孩子而言，他們所能想到的辦法，就顯得較為多元，他們認為找更多或更重的動物來一起跳（集合重物），或是從很高很高的地方跳下來，牙膏就會擠出來更多、更多。整體而言，5 歲以後，孩子的解決方法由內在因素（用力）轉入外在因素（集合重物）。

(2) 被撞擊物的狀態

除了改善落體的條件之外，改變「被撞擊物的狀態」也是一個有效的方法，例如就有孩子提出，想讓牙膏多跑出來一些，可以在牙膏上，每隔一段距離戳一個洞，或是乾脆把牙膏切成一半再分開，那麼老鼠一跳就

表 12：24 名 3~6 歲幼兒對「提昇落體效果」（跳躍的老鼠與牙膏）的解決方法摘要表

解決方法	用力	集合重物	從高處跳	切開或戳洞
說明	用更多力一直跳	1. 找 100 人 2. 找 100 隻老鼠 3. 找 100 塊桌子 4. 用大象、長頸鹿 5. 用死掉的恐龍	從很高的地方跳下來，再跳很高	1. 把牙膏切開，分一半 2. 在牙膏上每隔一個地方都戳一個洞

會有很多牙膏被擠出來。在具體的問題解決情境中，能自發的同步改變被撞擊物的狀態者，多為智商 120 以上的幼兒。他們在思考上往往較有彈性，較能同步思考多個向度的問題，在研究樣本中，已有一名 3 歲幼兒呈現出這種傾向。

(三)浮沈

1.浮沈現象的考量因素與觀點

有關浮沈現象的探討，研究者依序呈現：

(1)石頭系列（沈體）：大石頭→小石頭→細砂（由重而輕）；(2)木頭系列（浮體）：木屑→樹枝→樹幹（由輕而重）等繪本動畫。此二系列的安排主要在引發「重量與浮沈關係」的認知衝突，藉此誘發幼兒的多元推理。

茲將幼兒反應整理如表 13 所示。

從表 13 可知，在「物體因素」中，「重量」是所有孩子都會考慮的因素，絕大多數會認「重的東西會沈入水裡」。有趣的是，在「體積」的考量上，有別於搬物或落體現象，他們不再認為體積大的具有較大的效應，反過來偏向於主張「小的東西比較會沈入水裡」。換言之，在浮沈現象中，「重量 - 體積 - 浮沈狀況」三者之間產生了新的關聯，此類關聯蘊含若干衝突性，而孩子們在這種認知衝突中，試圖尋求新的解答。在新的解答中，最常提及的有三種，分別是「硬度」、「材質」與「形狀」。前者多為 3、4 歲幼兒提出，為較無效因素（認為軟的東西比較會

表 13：24 名 3~6 歲幼兒說明「浮沈現象」所考慮的因素摘要表

考量因素	物體因素					相對比較	
	重量	體積	材質	形狀	硬度	物 vs. 物	物 vs. 水
人數	24	20	5	5	3	1	2
百分率	100%	83%	21%	21%	13%	4%	8%
考量因素	外在因素				其他		
	外力	輔助物	水量	放置方式	擬人想像	魔法	
人數	13	6	4	2	3	1	
百分率	54%	25%	17%	8%	13%	4%	
主要觀點	重量：重的東西會沈 體積：小的東西會沈 材質：木頭做的會浮、石頭做的會沈 形狀：扁平、長形、船形會浮 硬度：軟的東西會沈 外力： (1)有風力會沈 (2)水下面有支撐力會浮 輔助物：樹枝浮是因為有樹葉 水量：水愈多愈會浮 放置方式： (1)輕放會浮 (2)水平的放會浮				相對比較： (1)坐在樹幹上的人比樹幹輕，樹幹不會沈 (2)物體比水輕，物體會浮 其他： (1)木屑不會沈是因為它一直跑來跑法 (2)沙會沈是因為要給魚吃 (3)樹枝會浮是因為它很勇敢 (4)樹幹會浮是因為有巫婆		
	備註：上述每一因素均只列主要觀點。						

守「重會沈，輕會浮」的法則，因此會扭曲知覺事實，來配合這個法則，例如認為細砂是重的、樹枝與樹幹是輕的。

一般而言，「浮沈」是三種重量現象中（即：搬物、落體、浮沈三現象），令孩子最感困惑的項目，他們在思考上，雖然提出多種觀點，但常有偏差，各觀點之間也常有矛盾。其中大致有四類推理機制。

(1)無關聯想

以不實的擬人、想像、魔法等因素，來說明浮沈現象，未涉及相關現象的物理條件。例如，沙會沈是因為要給魚吃、樹枝會浮是因為它很勇敢、樹幹會浮是因為有巫婆（均為3、4歲）。

(2)隨意線索

已關注相關現象的物理條件，但因應不同情景，隨意採用該情景下最突顯的特徵，作為判斷的依據，缺乏較強勢的判斷法則。例如，大石頭沈是因為重→細沙沈是因為圓錐形→木屑浮是因為像船→樹幹浮是因為長長的（5歲）。

(3)並立法則

具有兩種較強勢的判斷法則，並因應情境，選擇其中一種來說明，但忽略法則之間的矛盾與衝突。例如，大石頭沈是因為重→細沙沈是因為小（忽略輕）→木屑浮是因為輕（忽略小）→樹幹浮是因為大（忽略重）（6歲）

(4)協調邏輯

具有主導性的優勢法則，當浮沈情況無法以該法則作有效說明時，會機動性改用其他線索，試圖在不傷害主要法則的合理性下，作辯解或推論。例如：大石頭沈是因為重→細沙沈是因為浸水會變重（6歲）。

此四者，在線索的掌握上，由不相關漸涉及關鍵因素；在法則的運用上，由紛立、矛盾，而漸明確、協調。本研究中，愈年幼

者愈常出現「無關聯想」或「隨意線索」的狀況，而愈年長者則愈能採用協調邏輯的推理機制。認知調整的邏輯性，隨年齡而成熟。

討 論

一、基礎認知的新思量

在觸感辨識上，有別於 Piaget 和 Inhelder（1974）的研究，指出前操作期孩子無法區分「重與大」二概念，本研究透過「壓垮紙橋」的情境（有別於 Piaget 要求做一樣重的蠟球和陶土球），更簡易直接的探測幼兒認知，發現：即使是3歲幼兒，亦能有效感知重與大的差異。他們會精敏的選擇小而重（而非大而輕）的物體來壓扁紙橋，顯示幼兒已能區分「重與大」所產生的不同效應，分辨此二概念。此結果呼應 Simth 等人（1985）的論述，更真實的反映幼兒在不受詞彙侷限下的概念認知。

在詞彙理解上，本研究進一步透過輕質感物的呈現（如保麗龍、水滴、羽毛），以及「微量增 vs. 微量減」的設計，發現：4歲以下幼兒對「比較重」、「重量」二詞，有理解的困難，並且另有他們獨特的詮釋。幼兒所謂「比較重」，似隱含著「它是重的」的意涵，受限於並不完全理解「比較」是什麼意思，他們偏向於以「自己」作為比較物體輕重的參考依據，而非作兩物間的相對比較。而所謂「沒有重量」，亦非指「重量是零」的意思，而是指「它沒有重」（不重的意思），他們偏向於認為「重量就是重」，如果輕也許就叫「輕量」。研究者的這項發現，對於 Simth 等人（1985）、Galili 和 Bar（1997）的論述，其指出年幼兒童認定「輕物質沒有重量」「增加微量物，不會比較重」的概念，我們更超越了表面的詞彙，進一步探知幼兒的實際意涵，似可作為進階概念檢

視的的參考。

在重量推測上，有別於 Piaget 和 Inhelder (1974) 的認定，指出「孩子常以大小作為預測重量的可靠指標」。本研究透過較多樣、自然的施測情境，更真實的測得孩子的潛能，發現多數幼兒在判斷物體輕重時，除了「體積大小」之外，仍會彈性配合其他不同的線索，進行推理。即使 3 歲幼兒，亦能採用一種以上的線索，甚至同步考量物體的靜態與動態因素，來推測重量。其中以類似材質、內容物及運動狀況（如被風吹走的容易程度）來進行判斷，是較成熟的推理機制。

二、現象推理的新觀點

有別於以往的研究設計，本研究呼應孩子對「重是什麼」的質樸觀點（穩定的、強壯的、能克服阻力），探測幼兒對「搬物」、「落體」、「浮沈」現象的推理。發現「重量」的確是幼兒判斷現象效應的主導性因素。此結果與 Bar 等人 (1994)、Howe 和 McMahon (2003)、Inhelder 和 Piaget (1958)、Osborne (1984)、莊麗娟 (2001)、陳玉真和簡淑真 (2004) 等研究呼應。然而研究者更發現幼兒潛能的相關契機。

在如何搬運重物上（以往幼兒研究未涉及此向度），發現幼兒所提出的辦法，除了力的合成與物的分解外，尚涉及力的轉換，其中已有類同槓桿與滾輪的應用，以達到省力的效果，提出此構想的最早年齡是 5 歲；至於斜坡的應用雖未涉及，但對於斜面傾斜度對搬物難易度的影響，3 歲幼兒已能有效認知。

在如何提昇落體效果上，本研究發現，3 歲幼兒已萌發相對性思考 (relative thinking)，除了改善「落體條件」外，另能考量「被撞擊物」的調整。而認為「重量會影響物體掉落的速度」，仍是孩子普遍存在的迷思。多數幼兒認為「重會落得快」，此結果與 Osborne

(1984) 一致，卻有別於 Piaget (1972)、Bar 等人 (1994) 「輕會落得快」的觀點。此二者的差異，可能在於探測情境的不同，在自由掉落的情境中，孩子易將落體的撞擊效應，誤解為速度，因此認為重落得快，而在丟擲東西 (throwing things) 的情境中，孩子會依丟擲的難易度來判斷速度，因此認為輕落得快。

在浮沈推理上，幼兒出現較多的迷思，與相關文獻相符 (Howe & McMahon, 2003; Inhelder & Piaget, 1958; Rowell & Dawson, 1977; 莊麗娟, 2001; 莊麗娟等人, 2001)，「重量」為幼兒判斷浮沈的主導因素（會沈是因為重，會浮是因為輕），而其中出現「物體 vs. 液體」的相對比較（樹枝會浮是因為水比樹枝重），相近於 Piaget (1970) 的 9 歲幼兒觀點。尤有進者，有別於以往研究，本研究透過較系統性的浮沈情境（石頭系列與木頭系列），激發認知衝突並擴展推理，更進一步追蹤取得 3~6 歲幼兒四層次的推理機制（無關聯想、隨機線索、並立法則、協調邏輯）。

綜言之，在透過較符合幼兒生活經驗、語文能力、認知特質，並強調誘發興趣與想像推理的檢視情境中，研究者更發現了生命早期可喜的潛力。對於 3~6 歲幼兒而言，他們對科學的認知，或許仍偏屬直覺，並含有較多的迷思，如 Claxton (1996) 所言的「直覺科學」層次，然而其思考絕非是「非反省性的」，不少跡象顯示：幼兒對現象覺知與推理，仍具有敏銳度與合理性！而這種傾向，早在 3 歲就可能呈現。其次，幼兒對於現象的推理，或許仍受知覺主導 (Driver et al., 1993)，然而，其對整體情境的掌握，亦非那麼偏狹 (limited focus)。此外，在較為抽象複雜的浮沈推理中，3~6 歲幼兒確實出現 Karplus 等人 (1979) 所描述「直覺、過渡」等層次，然而，能試圖調整判斷法則的矛盾性，尋求較調和的邏輯在 6 歲幼兒身上亦能發現。

結 論

－ 未來研究的新展望 －

本研究為試探性研究，旨在探測生命早期概念發展的思考機制。基於幼兒概念檢視的難度(如語意溝通不易、施測極為耗時等)，亦為了取得較深入、精緻的訊息，研究者僅取樣 24 名幼兒，並盡量涵蓋多種智商，以減緩取樣與詮釋的偏差。此外，基於無法完全預知幼兒的思考網絡，本研究乃採取較彈性的檢視架構，隨幼兒反應，適時調整，期較鮮活的捕捉其原發性的整體思考脈絡，唯此僅為概念發展的初探，仍需後續檢證。

其次，重量現象的探討向度，實仍有開展的空間。配合幼兒的遊戲經驗(如滑梯、溜冰、鞦韆等)，以遊戲化的方式，進一步檢視其對斜面運動、摩擦力、單擺等相關認知，將有助於更深入瞭解幼兒科學思考的整體網絡。而追蹤科學概念的發展脈絡，在配合腦研究與先進儀器技術下，可更往下延伸至 3 歲以前，甚至嬰兒期。有關概念是何時萌發？如何萌發？如何轉變？此三者之動態機制，應是有趣並富價值的議題。

誌 謝

本研究感謝國科會三年期的經費支助 (NSC91-2511-S-153-009 、 NSC92-2511-S-153-017 、 NSC93-2511-S-153-001)；國立高雄師範大學科學教育研究所、特殊教育學系、國立屏東師範學院數理教育研究所、幼兒教育學系教授的指導。

參考文獻

1. 王秋蓉譯 (1996)：田鼠之歌。台北：及幼文化。
2. 王龍錫 (1991)：我國學生自然科概念發展與診斷教學之研究 (一)：小學生浮力概念發展之結構圖研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (計畫編號：NSC 79-0111-S-153-007-D)。
3. 林碧芬 (2002)：國民小學低年級對物體概念認知之研究。台北市：國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文 (未出版)。
4. 林顯輝 (1992)：國小兒童水循環概念之研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (計畫編號：NSC 81-0111-S-153-02-N)。
5. 邱美虹 (1994)：高中生化學平衡概念和範例學習以及解題過程的研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (計畫編號：NSC 83-0111-S-003-043)。
6. 侯天麗、莊麗娟和邱上真 (2002, 11 月)：藝術、文學與科學的對話：多層次兒童動畫繪本的編製。論文發表於 e 世代的創意教與學術研討會。嘉義市：國立嘉義大學。
7. 施皓耀和陳正賢 (1998)：遠距診斷教學模式與數學科教學知識庫之建立。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (計畫編號：NSC 87-2511-S-018-018)。
8. 許民陽 (1995)：國小學童對天氣變化概念發展之研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (計畫編號：NSC 84-2511-S-133-004)。
9. 陳玉真和簡淑真 (2004, 12 月)：幼兒浮沈概念發展之研究。論文發表於中華民國第二十屆科學教育學術研討會。高雄縣：國立高雄師範大學理學院。
10. 陳世輝 (1994)：兒童遺傳概念之研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (計畫編號：NSC 83-0111-S-026-0047-N)。
11. 陳熙揚 (1997)：學生對空氣運動：風之的起源之概念研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (計畫編號：NSC 86-

- 2511-S-018-009)。
12. 莊麗娟 (2001)：兒童對浮與沈判斷法則的探討。屏東市：國立屏東教育大學幼兒教育學系。「幼兒科學」教學講義 (未出版)。
 13. 莊麗娟 (2004)：三~六歲幼兒對重量概念的認知：本質認知與保留推理。科學教育學刊, 12(2), 159-182。
 14. 莊麗娟、邱上真、江新合、謝季宏和羅寶田 (2001)：多媒體動態評量之效益分析——以自然科浮力概念為例。測驗年刊, 48(1), 43-70。
 15. 趙銘和黃秀芬 (1996)：診斷迷思概念多媒體學習環境之設計——力學部分 (III)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (計畫編號：NSC 85-2511-S-035-001)。
 16. 顏稚仁 (2002)：國小三年級學童力學概念的研究。台北市：台北市立師範學院科學教育研究所碩士論文 (未出版)。
 17. Baillargeon, R., & Graber, M. (1987). Where is the rabbit? 5.5-month-old infants/representation of the height of a hidden object. *Cognitive Development*, 2, 375-392.
 18. Bar, V., Zinn, B., & Goldmunts, R. (1994). Children's concepts about weight and free fall. *Science Education*, 78(2), 149-169.
 19. Berk, L. E. (1996). *Infants, children, and adolescents* (2nd ed). Boston, MA: Allyn & Bacon.
 20. Blewitt, P. (1994). Understanding categorical hierarchies: The earliest level of skill. *Child Development*, 65, 1279-1298.
 21. Claxton, G. (1996). Minitheories: a preliminary model for learning science. In P. J. Black & A. M. Lucas (Ed.), *Children's informal ideas in science* (pp. 45-61). London: Routledge.
 22. Cromer, A., Zahopoulos, C., & Silevitch, M. B. (1994). Physical science fundamentals. *The Science Teacher*, 61, 42-45.
 23. DePaola, T. (1978). *Clown of God*. New York: Voyager Books.
 24. DePaola, T. (1997). *Jamie O'Rourke and the Big Potato*. New York: The Putnam & Grosset Group.
 25. Donaldson, M. (1978). *Children's minds*. Fontana.. New York: Paperstar.
 26. Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1993). Some features of children's ideas and their implications for teaching. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Ed.), *Children's ideas in science* (pp. 193-201). Buckingham: Open University Press.
 27. Galili, I., & Bar, V. (1997). Children's operational knowledge about weight. *International Journal of Science Education*, 19, 317-340.
 28. Hewson, M. G. (1986). The acquisition of scientific knowledge: Analysis and representation of student conceptions concerning density. *Science Education*, 70(2), 159-170.
 29. Howe, A., & McMahon, K. (2003). Assessing young children's learning in science and D & T. In D. Davies & A. Howe (Ed.), *Teaching science and design and technology in the early years* (pp. 51-69). London: David Fulton Publishers.
 30. Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*. New York: Basic Books.
 31. Johnston, J. (1996). *Early explorations in science*. Buckingham: Open University Press.
 32. Karplus, R., Formisano, M., & Paulsen, A. (1979). Proportional reasoning and control of variables in seven countries. In J. Loch-head & J. Clement (Ed.), *Cognitive process instruction: Research on teaching thinking skills* (pp. 47-103). Philadelphia, PA: Franklin Institute Press.
 33. Koslowski, B. (1980). Quantitative and qua-

- litative changes in the development of seriation. *Merrill-Palmer Quarterly*, 26(4), 391-405.
34. Linn, M. C. (1977). Scientific reasoning: Influences on task performance and response categorization. *Science Education*, 61, 357-365.
35. Lionni, L. (1967). *Frederick*. New York: Dragonfly Books.
36. Maloney, D. P. (1985). Rule-governed approaches to physics: conservation of mechanical energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(3), 261-278.
37. Mindes, G., Ireton, H., & Mardell-Czidmpwski, C. (1996). *Assessing young children*. New York: Delmar Publishers.
38. Osborne, R. (1984). Children's dynamic. *The Physics Teacher*, 22(8), 504-508.
39. Piaget, J. (1970). *Genetic epistemology*. New York: Columbia University Press.
40. Piaget, J. (1972). *The child's conception of physical causality*. London: Routledge and Kegan.
41. Piaget, J., & Inhelder, B. (1974). *The child's construction of quantities: conservation and atomism*. London: Routledge & Kegan Paul.
42. Posner, G. J., & Gertzog, W. A. (1982). The clinical interview and the measurement of concept changes. *Science Education*, 66(2), 195-200.
43. Rose, S. A., & Blank, M. (1974). The potency of context in children's cognition: An illustration through conservation. *Child Development*, 45, 499-502.
44. Rowell, J. A., & Dawson, C. J. (1977). *Teaching about floating and sinking: An attempt to link cognitive psychology with classroom practice*. *Science Education*, 61(2), 245-253.
45. Smith, C., Carey, S., & Wiser, M. (1985). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 21, 177-237.
46. Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 749-750.

Young Children's Understanding of Weight (3- to 6-Year-Olds) –Tactile Experiencing and Reasoning of Weight Phenomena–

Li-Chuan Chuang

Department of Early Childhood Education,
National Pingtung University of Education

Abstract

This study was aimed to explore the rudimentary understanding of weight among young children, such as tactile experiencing and the reasoning of weight phenomena. Among 24 participants, we reached the following results: Firstly, the concept of weight was apparent to most of the young children through the tactile exploring although only the 6-year-olds were able to detect the fine differences within 5 grams among the light objects. Secondly, all participants were capable of using the terms such as “heavy” and “light”. However, through tactile experiencing in light objects, they had difficulty in terminology to understand “heavier” and “weight”. Thirdly, even the 3-year-olds were able to construct the rationale from multiple cues to predict and make inference about weigh as a crucial factor. Fourthly, in solving the problem of moving objects, young children have already developed the strategies by the composition and transformation of force and the resolution of object. Fifthly, on the ways to promote the effect of the free fall, the older children or those who excel in thinking showed their understanding not only in improving the condition of falling object but also in adjusting the fragility of the struck objects. Lastly, in regard of reasoning of floating and sinking, young children faced considerable cognitive conflicts; in the meantime, they employed the reasoning strategies such as irrelevant imagination, arbitrary clue-searching, either-or principle and logic-modifying.

Key words: Conceptual Development, Floating and Sinking, Free Fall, Weight