1. **研究結果與討論**

本研究在探討有無反思性引導機制之虛擬實境教材應用在小學生社會科歷史課程，對學生在歷史學習成效、VR數位素養、認知負荷、心流經驗以及學習行為之影響。本章將資料分析結果分成五節，第一節對反思性引導機制虛擬實境教材應用在小學生社會科歷史課程之學生學習成效進行評估；第二節對反思性引導機制虛擬實境教材應用在小學生社會科歷史課程之學生VR數位素養進行評估；第三節對反思性引導機制虛擬實境教材應用在小學生社會科歷史課程之學生認知負荷進行評估；第四節對反思性引導機制虛擬實境教材應用在小學生社會科歷史課程之學生心流經驗進行評估；第五節對反思性引導機制虛擬實境教材應用在小學生社會科歷史課程之學生學習行為進行評估。第六節面向前五節進行綜合討論

1. 學習成效評估
2. 學習成效之描述性統計

社會科歷史學習成效前後測試題總分皆為100分，實驗組為有使用反思性引導機制虛擬實境教材的組別，控制組則為使用無反思性引導機制虛擬實境教材的組別。表5-1呈現實驗組以及控制組在學習歷史上之學習成效前、後測之得分情形。在前測中，實驗組平均數為69.70，標準差15.44；控制組平均數為70.57，標準差16.09；在後測中，實驗組平均數為76.82，標準差13.44；控制組平均數為72.69，標準差13.57。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-1 實驗組與控制組社會科歷史學習成效測驗前、後測平均數與標準差 | | | | | |
| 組別 | 個數 | 前測 | | 後測 | |
| 平均數 | 標準差 | 平均數 | 標準差 |
| 實驗組 | 41 | 69.70 | 15.44 | 76.82 | 13.44 |
| 控制組 | 26 | 70.57 | 16.09 | 72.69 | 13.57 |

由上表得知，反思性引導機制虛擬實境教材組前測分數略低於無反思性引導機制虛擬實境教材組平均分數，反思性引導機制虛擬實境教材組後測分數則明顯高於無反思性引導機制虛擬實境教材組。以下將進行共變數分析檢定，以探討兩組的學習成效是否具顯著差異。

1. 學習成效之共變數分析結果

為避免研究結果受到兩組研究對象在先備知識差異的干擾。本研究以教學實驗前學生在「上學期社會課程」之段考成績為共變數，有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材為自變項，以共變數分析對依變項「社會科歷史學習成效測驗」之成績所呈現的結果進行探討，如表5-2所示。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-2 實驗組與控制組社會科歷史學習成效組內迴歸係數同質性檢定摘要 | | | | | |
| 變異來源 | 離均差平方和 | 自由度 | 平均平方和 | F值 | 顯著性 |
| 組別×前測成績 | 38.28 | 1 | 38.28 | .557 | .45 |
| 誤差 | 4331.10 | 63 | 68.74 |  |  |

由表5-2可知，以「上學期社會課程」之段考成績為共變數之組內迴歸係數同質性檢定結果，F值為.557，顯著性.458(p>.05)，未達顯著水準，符合共變數組內迴歸係數同質性的假定，表示兩組研究對象社會科歷史先備知識並無顯著差異，固可繼續進行有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材社會科歷史學習成效共變數分析，檢驗有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材在後測得分之差異，分析結果如表5-3以及表5-4。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表5-3 實驗組與控制組社會科歷史學習成效誤差變異量的Levene檢定等式 | | | |
| F值 | df1 | df2 | 顯著性 |
| 3.19 | 1 | 65 | .07 |

由表5-3可知，有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材社會科歷史學習成效誤差變異量的Levene檢定等式，顯著性為.07(p>.05)，表示無法拒絕虛無假設，亦表示兩組後測成績(依變項)的誤差變異量並沒有顯著差異，具有同質性。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-4 實驗組與控制組社會科歷史學習成效後測共變數分析摘要 | | | | | | | | |
| 學習成效後測 | 組別 | 個數 | 平均數 | 標準差 | 調整後平均數 | 標準誤差 | F | 顯著性 |
| 總成績 | 實驗組 | 41 | 76.82 | 13.44 | 77.60a | 1.29 | 5.21 | .02\* |
| 控制組 | 26 | 72.69 | 13.57 | 72.29a | 1.62 |

1. 模型中出現的共變數根據下列值估計: 學習成效前測 = 70.04
2. \* p<.05

由表5-4可知，有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材在排除前測成績(共變項)對後測成績(依變項)的影響後，結果顯示F值為7.62，顯著性.02(p<.05)，表示組別之間有達顯著差異，兩組學生在社會科歷史學習成效測驗的表現因為反思性引導機制融入虛擬實境教材的有無，而有所差異。反思性引導機制虛擬實境教材組後測成績調整後平均數為77.60，無反思性引導機制虛擬實境教材組調整後平均數為72.29，表示反思性引導機制虛擬實境教材組調整後的後測分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組。

1. 學習成效之效果量分析結果

在進行共變數分析後，我們進一步進行效果量（Effect Size）分析，這是為了更全面地評估反思性引導機制虛擬實境教材對學習成效的實際影響。效果量是衡量變異因素影響程度的一個重要指標，它能夠提供超出統計顯著性之外的訊息，即使在樣本大小不同或變異數存在差異的情況下，也能給出一個標準化的影響大小評估。透過計算效果量，我們可以量化教學介入的實質效果，以評估和解釋實驗結果的實際意義。如表5-5所示。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-5 實驗組與控制組社會科歷史學習成效後測效果量分析摘要 | | | | |
| 實驗分析工具 | R平方 | Cohen’s f | | 效果量等級 |
| 學習成效之共變數分析 | 0.63 | | 1.33 | 大 |

由表5-5可知，效果量分析顯示R平方值為0.63，這意味著組間差異能夠解釋總變異的63%，這是一個相對較高的比例，指出反思性引導機制融入虛擬實境教材的使用對學習成效有顯著的影響。Cohen's f值為1.33，根據Cohen的效果量標準，這個值屬於"大"的範疇，顯示這種教材對學習成效的提升效果是顯著且強大的。這些結果支持了使用反思性引導機制的虛擬實境教材在提升學生社會科歷史學習成效方面是有效的。

1. 學習成效結果討論

如上述分析結果，反思性引導機制虛擬實境教材組與無反思性引導機制虛擬實境教材組在教學實驗前雖擁有相同的起始水準，在使用反思性引導機制虛擬實境教材之後，反思性引導機制虛擬實境教材組的社會科歷史學習成效後測平均分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組，達顯著差異。並且效果量等級為大，支持了使用反思性引導機制的虛擬實境教材在提升學生社會課歷史學習是有效的。

1. VR數位素養評估
2. VR數位素養之描述性統計

VR數位素養問卷採用李克特五點評定量表（Likertscale），分數越高代表學習者在該向度的VR數位素養較正向、積極。有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材之VR數位素養問卷前、後測之平均數與標準差，如表5-6所示。

整體「VR數位素養」，在前測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為210.90，標準差43.98；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為192.59，標準差為37.70。在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為232.870，標準差42.72；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數為200.74，標準差則為40.91。

數位素養第一大項「資訊獲取與理解」，在前測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數20.26，標準差4.45；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為18.29，標準差3.82。在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數為21.39，標準差4.21；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數為18.07，標準差則為4.33。

數位素養第二大項「評估」，在前測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數26.21，標準差6.12；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為25，標準差4.51。在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數為30.12，標準差5.95；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數為25.44，標準差則為6.29。

數位素養第三大項「倫理與福祉」，在前測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數30.36，標準差5.83；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為30.03，標準差5.95。在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數為31.36，標準差5.22；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為29.48，標準差則為6.60。

數位素養第四大項「互動」，在前測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數30.14，標準差9.19；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為28.88，標準差8.94。在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數為34.09，標準差6.98；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為29.59，標準差則為6.73。

數位素養第五大項「合作」，在前測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數27.36，標準差8.83；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數則為25.18，標準差8.14。在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數為30.19，標準差6.00；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為26.59，標準差則為6.15。

數位素養第六大項「創造」，在前測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數34.39，標準差8.82；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為28.62，標準差9.14。在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數為38.07，標準差8.37；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為31.48，標準差則為7.14。

數位素養第七大項「問題解決」，在前測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數20.68，標準差4.76；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數則為17.85，標準差5.82。在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數為21.95，標準差3.99；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為19.88，標準差則為4.85。

數位素養第八大項「責任與公民參與」，在前測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數21.46，標準差6.57；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數則為18.70，標準差6.68。在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數為25.68，標準差5.24；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數20.18，標準差則為6.30。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-6 實驗組與控制組VR數位素養問卷前、後測平均數與標準差 | | | | | | |
| VR數位素養大項 | 組別 | 個數 | 前測 | | 後測 | |
| 平均數 | 標準差 | 平均數 | 標準差 |
| VR數位素養 | 實驗組 | 41 | 210.90 | 43.98 | 232.87 | 42.72 |
| 控制組 | 27 | 192.59 | 37.70 | 200.74 | 40.91 |
| 一、資訊獲取與理解 | 實驗組 | 41 | 20.26 | 4.45 | 21.39 | 4.21 |
| 控制組 | 27 | 18.29 | 3.82 | 18.07 | 4.33 |
| 二、評估 | 實驗組 | 41 | 26.21 | 6.12 | 30.12 | 5.95 |
| 控制組 | 27 | 25 | 4.51 | 25.44 | 6.29 |
| 三、倫理與福祉 | 實驗組 | 41 | 30.36 | 5.83 | 31.36 | 5.22 |
| 控制組 | 27 | 30.03 | 5.95 | 29.48 | 6.60 |
| 四、互動 | 實驗組 | 41 | 30.14 | 9.19 | 34.09 | 6.98 |
| 控制組 | 27 | 28.88 | 8.94 | 29.59 | 6.73 |
| 五、合作 | 實驗組 | 41 | 27.36 | 8.83 | 30.19 | 6.00 |
| 控制組 | 27 | 25.18 | 8.14 | 26.59 | 6.15 |
| 六、創造 | 實驗組 | 41 | 34.39 | 8.82 | 38.07 | 8.37 |
| 控制組 | 27 | 28.62 | 9.14 | 31.48 | 7.14 |
| 七、問題解決 | 實驗組 | 41 | 20.68 | 4.76 | 21.95 | 3.99 |
| 控制組 | 27 | 17.85 | 5.82 | 19.88 | 4.85 |
| 八、責任與公民參與 | 實驗組 | 41 | 21.46 | 6.57 | 25.68 | 5.24 |
| 控制組 | 27 | 18.70 | 6.68 | 20.18 | 6.30 |

由表5-6得知，在前測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組在整體「VR數位素養」、資訊獲取與理解、評估、倫理與福祉、互動、合作、創造、問題解決以及責任與公民參與大項平均數皆略高於無使用反思性引導機制虛擬實境教材組。在標準差的數據呈現上，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組在整題「VR數位素養」以及評估大項標準差較大，顯示該組內的整題「VR數位素養」以及評估大項之問卷分數差距較大。無使用反思性引導機制虛擬實境教材組在問題解決大項標準差較大，顯示該組內的問題解決大項之問卷分數差距較大。而在資訊獲取與理解、倫理與福祉、互動、合作、創造以及責任與公民參與大項兩組的標準差一致，表示分布狀態類似。

1. VR數位素養以及各大項之共變數分析結果

本節採用共變數分析對有無使用反思性引導機制虛擬實境教材對VR數位素養以及各大項進行分析，首先進行兩組VR數位素養以及各大項的同質性檢定。若通過同質性檢定，則繼續進行共變數分析。若共變數分析有顯著差異，則再繼續進行效果量等級分析。兩組VR數位素養之分析結果如表5-7所示:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-7 實驗組與控制組VR數位素養組內迴歸係數同質性檢定摘要 | | | | | |
| 變異來源 | 離均差平方和 | 自由度 | 平均平方和 | F值 | 顯著性 |
| 組別×前測成績 | 237.67 | 1 | 237.64 | .21 | .64 |
| 誤差 | 70096.63 | 64 | 1095.26 |  |  |

表5-7為共變數之組內迴歸係數同質性檢定結果，個別為F值.21，顯著性數值則是.61(p>.05)，未達顯著水準，符合共變數組內迴歸係數同質性檢定，表示兩組研究對象VR數位素養並無顯著差異，可再進一步進行有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之VR數位素養共變數分析，檢驗有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在VR數位素養後測分數之差異，分析結果如表5-8以及表5-9所示。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表5-8 實驗組與控制組VR數位素養誤差變異量的Levene檢定等式 | | | |
| F值 | df1 | df2 | 顯著性 |
| .08 | 1 | 66 | .77 |

由表5-8可知，有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在VR數位素養誤差變異量的Levene檢定等式，顯著性為.77(p>.05)，表示無法拒絕虛無假設，亦表示兩組後測成績(依變項)的誤差變異量並沒有顯著差異，具有同質性。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-9 實驗組與控制組VR數位素養後測共變數分析摘要 | | | | | | | | |
| VR數位素養大項 | 組別 | 個數 | 平均數 | 標準差 | 調整後平均數 | 標準誤差 | F | 顯著性 |
| VR數位素養 | 實驗組 | 41 | 232.88 | 42.72 | 228.25 a | 5.18 | 6.03 | .01\* |
| 控制組 | 27 | 200.74 | 40.91 | 207.75 a | 6.42 |

1. 模型中出現的共變數根據下列值估計: VR數位素養前測 = 203.63
2. \* p<.05

由表5-9可知，有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材在排除前測分數(共變項)對後測分數(依變項)的影響後，結果顯示F值為6.03，顯著性.01(p<.05)，表示組別之間有達顯著差異，兩組學生在VR數位素養問卷的表現因為反思性引導機制融入虛擬實境教材的有無，而有所差異。反思性引導機制虛擬實境教材組後測分數調整後平均數為228.25，無反思性引導機制虛擬實境教材組調整後平均數為207.75，表示有反思性引導機制虛擬實境教材組調整後的後測分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組。

接著繼續探討VR數位素養內八大項之兩組分數差異，首先從第一大項資訊獲取與理解的同質性檢定開始，若通過同質性檢定，則繼續進行共變數分析。若共變數分析有顯著差異，則再繼續進行效果量等級分析。分析結果如表5-10所示。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-10 實驗組與控制組第一大項資訊獲取與理解組內迴歸係數同質性檢定摘要 | | | | | |
| 變異來源 | 離均差平方和 | 自由度 | 平均平方和 | F值 | 顯著性 |
| 組別×前測成績 | 12.11 | 1 | 12.11 | 1.16 | .28 |
| 誤差 | 663.63 | 64 | 10.36 |  |  |

表5-10為共變數之組內迴歸係數同質性檢定結果，個別為F值1.16，顯著性數值則是.28(p>.05)，未達顯著水準，符合共變數組內迴歸係數同質性檢定，表示兩組研究對象第一大項資訊獲取與理解並無顯著差異，可再進一步進行有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之第一大項資訊獲取與理解共變數分析，檢驗有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在第一大項資訊獲取與理解後測分數之差異，分析結果如表5-11以及表5-12所示。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表5-11 實驗組與控制組第一大項資訊獲取與理解誤差變異量的Levene檢定等式 | | | |
| F值 | df1 | df2 | 顯著性 |
| .001 | 1 | 66 | .97 |

由表5-11可知，有無反思性引導機制虛擬實境教材之第一大項資訊獲取與理解誤差變異量的Levene檢定等式，顯著性為.97(p>.05)，表示無法拒絕虛無假設，亦表示兩組後測分數(依變項)的誤差變異量並沒有顯著差異，具有同質性。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-12 實驗組與控制組第一大項資訊獲取與理解後測共變數分析摘要 | | | | | | | | |
| VR數位素養大項 | 組別 | 個數 | 平均數 | 標準差 | 調整後平均數 | 標準誤差 | F | 顯著性 |
| 資訊獲取與理解 | 實驗組 | 41 | 21.39 | 4.21 | 20.86 a | .50 | 5.93 | .01\* |
| 控制組 | 27 | 18.07 | 4.33 | 18.86 a | .63 |

1. 模型中出現的共變數根據下列值估計: 資訊獲取與理解前測 = 19.49
2. \* p<.05

由表5-12可知，有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材在排除前測分數(共變項)對後測分數(依變項)的影響後，結果顯示F值為5.93，顯著性.01(p<.05)，表示組別之間有達顯著差異，兩組學生在第一大項資訊獲取與理解問卷的表現因為反思性引導機制融入虛擬實境教材的有無，而有所差異。反思性引導機制虛擬實境教材組後測分數調整後平均數為20.86，無反思性引導機制虛擬實境教材組調整後平均數為18.86，表示有反思性引導機制虛擬實境教材組調整後的後測分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組。

第二大項評估之分數差異，若通過同質性檢定，則繼續進行共變數分析。分析結果如表5-13所示。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-13 實驗組與控制組第二大項評估組內迴歸係數同質性檢定摘要 | | | | | |
| 變異來源 | 離均差平方和 | 自由度 | 平均平方和 | F值 | 顯著性 |
| 組別×前測成績 | 41.19 | 1 | 41.19 | 1.75 | .19 |
| 誤差 | 1506.22 | 64 | 23.53 |  |  |

表5-13為共變數之組內迴歸係數同質性檢定結果，個別為F值1.75，顯著性數值則是.19(p>.05)，未達顯著水準，符合共變數組內迴歸係數同質性檢定，表示兩組研究對象第二大項評估並無顯著差異，可再進一步進行有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之第二大項評估共變數分析，檢驗有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在第二大項評估後測分數之差異，分析結果如表5-14以及表5-15所示。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表5-14 實驗組與控制組第二大項評估誤差變異量的Levene檢定等式 | | | |
| F值 | df1 | df2 | 顯著性 |
| .32 | 1 | 66 | .57 |

由表5-14可知，有無反思性引導機制虛擬實境教材之第二大項評估誤差變異量的Levene檢定等式，顯著性為.57(p>.05)，表示無法拒絕虛無假設，亦表示兩組後測分數(依變項)的誤差變異量並沒有顯著差異，具有同質性。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-15 實驗組與控制組第二大項評估後測共變數分析摘要 | | | | | | | | |
| VR數位素養大項 | 組別 | 個數 | 平均數 | 標準差 | 調整後平均數 | 標準誤差 | F | 顯著性 |
| 評估 | 實驗組 | 41 | 30.12 | 5.95 | 29.79 a | .76 | 10.09 | .002\* |
| 控制組 | 27 | 25.44 | 6.29 | 25.93 a | .94 |

1. 模型中出現的共變數根據下列值估計: 評估前測 = 25.74
2. \* p<.05

由表5-15可知，有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材在排除前測分數(共變項)對後測分數(依變項)的影響後，結果顯示F值為10.09，顯著性.002(p<.05)，表示組別之間有達顯著差異，兩組學生在第二大項評估問卷的表現因為反思性引導機制融入虛擬實境教材的有無，而有所差異。反思性引導機制虛擬實境教材組後測分數調整後平均數為30.12，無反思性引導機制虛擬實境教材組調整後平均數為25.44，表示有反思性引導機制虛擬實境教材組調整後的後測分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組。

第三大項倫理與福祉之分數差異，若通過同質性檢定，則繼續進行共變數分析。若共變數分析有顯著差異，則再繼續進行效果量等級分析。分析結果如表5-16所示。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-16 實驗組與控制組第三大項倫理與福祉組內迴歸係數同質性檢定摘要 | | | | | |
| 變異來源 | 離均差平方和 | 自由度 | 平均平方和 | F值 | 顯著性 |
| 組別×前測成績 | 13.44 | 1 | 13.44 | .60 | .44 |
| 誤差 | 1434.47 | 64 | 22.41 |  |  |

表5-16為共變數之組內迴歸係數同質性檢定結果，個別為F值.60，顯著性數值則是.44(p>.05)，未達顯著水準，符合共變數組內迴歸係數同質性檢定，表示兩組研究對象第三大項倫理與福祉並無顯著差異，可再進一步進行有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之第三大項倫理與福祉共變數分析，檢驗有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在第三大項倫理與福祉後測分數之差異，分析結果如表5-17以及表5-18所示。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表5-17 實驗組與控制組第三大項倫理與福祉誤差變異量的Levene檢定等式 | | | |
| F值 | df1 | df2 | 顯著性 |
| 2.61 | 1 | 66 | .11 |

由表5-17可知，有無反思性引導機制虛擬實境教材之第三大項倫理與福祉誤差變異量的Levene檢定等式，顯著性為.11(p>.05)，表示無法拒絕虛無假設，亦表示兩組後測分數(依變項)的誤差變異量並沒有顯著差異，具有同質性。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-18 實驗組與控制組第三大項倫理與福祉後測共變數分析摘要 | | | | | | | | |
| VR數位素養大項 | 組別 | 個數 | 平均數 | 標準差 | 調整後平均數 | 標準誤差 | F | 顯著性 |
| 倫理與  福祉 | 實驗組 | 41 | 31.37 | 5.22 | 31.29 a | .73 | 2.09 | .15\* |
| 控制組 | 27 | 29.48 | 6.60 | 29.59 a | .90 |

1. 模型中出現的共變數根據下列值估計: 倫理與福祉前測 = 30.24
2. \* p<.05

由表5-18可知，有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材在排除前測分數(共變項)對後測分數(依變項)的影響後，結果顯示F值為2.09，顯著性.15(p>.05)，表示組別之間未達顯著差異，兩組學生在第三大項倫理與福祉問卷的表現，沒有因為反思性引導機制融入虛擬實境教材的有無，而有所差異。反思性引導機制虛擬實境教材組後測分數調整後平均數為31.29，無反思性引導機制虛擬實境教材組調整後平均數為29.59，表示有反思性引導機制虛擬實境教材組調整後的後測分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組。

第四大項互動之分數差異，若通過同質性檢定，則繼續進行共變數分析。若共變數分析有顯著差異，則再繼續進行效果量等級分析。分析結果如表5-19所示。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-19 實驗組與控制組第四大項互動組內迴歸係數同質性檢定摘要 | | | | | |
| 變異來源 | 離均差平方和 | 自由度 | 平均平方和 | F值 | 顯著性 |
| 組別×前測成績 | 28.09 | 1 | 28.09 | .74 | .39 |
| 誤差 | 2420.22 | 64 | 37.81 |  |  |

表5-19為共變數之組內迴歸係數同質性檢定結果，個別為F值.74，顯著性數值則是.39(p>.05)，未達顯著水準，符合共變數組內迴歸係數同質性檢定，表示兩組研究對象第四大項互動並無顯著差異，可再進一步進行有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之第四大項互動共變數分析，檢驗有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在第四大項互動後測分數之差異，分析結果如表5-20以及表5-21所示。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表5-20 實驗組與控制組第四大項互動誤差變異量的Levene檢定等式 | | | |
| F值 | df1 | df2 | 顯著性 |
| 1.01 | 1 | 66 | .31 |

由表5-20可知，有無反思性引導機制虛擬實境教材之第四大項互動誤差變異量的Levene檢定等式，顯著性為.31(p>.05)，表示無法拒絕虛無假設，亦表示兩組後測分數(依變項)的誤差變異量並沒有顯著差異，具有同質性。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-21 實驗組與控制組第四大項互動後測共變數分析摘要 | | | | | | | | |
| VR數位素養大項 | 組別 | 個數 | 平均數 | 標準差 | 調整後平均數 | 標準誤差 | F | 顯著性 |
| 互動 | 實驗組 | 41 | 34.10 | 6.98 | 33.92 a | .95 | 7.09 | .01\* |
| 控制組 | 27 | 29.59 | 6.77 | 29.86 a | 1.18 |

1. 模型中出現的共變數根據下列值估計: 互動前測 = 29.65
2. \* p<.05

由表5-21可知，有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材在排除前測分數(共變項)對後測分數(依變項)的影響後，結果顯示F值為7.09，顯著性.01(p<.05)，表示組別之間有達顯著差異，兩組學生在第四大項互動問卷的表現因為反思性引導機制融入虛擬實境教材的有無，而有所差異。反思性引導機制虛擬實境教材組後測分數調整後平均數為33.92，無反思性引導機制虛擬實境教材組調整後平均數為29.86，表示有反思性引導機制虛擬實境教材組調整後的後測分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組。

第五大項合作之分數差異，若通過同質性檢定，則繼續進行共變數分析。若共變數分析有顯著差異，則再繼續進行效果量等級分析。分析結果如表5-22所示。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-22 實驗組與控制組第五大項合作組內迴歸係數同質性檢定摘要 | | | | | |
| 變異來源 | 離均差平方和 | 自由度 | 平均平方和 | F值 | 顯著性 |
| 組別×前測成績 | 28.09 | 1 | 28.09 | .74 | .39 |
| 誤差 | 2420.22 | 64 | 37.81 |  |  |

表5-22為共變數之組內迴歸係數同質性檢定結果，個別為F值.74，顯著性數值則是.39(p>.05)，未達顯著水準，符合共變數組內迴歸係數同質性檢定，表示兩組研究對象第五大項合作並無顯著差異，可再進一步進行有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之第五大項合作共變數分析，檢驗有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在第五大項合作後測分數之差異，分析結果如表5-23以及表5-24所示。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表5-23 實驗組與控制組第五大項合作誤差變異量的Levene檢定等式 | | | |
| F值 | df1 | df2 | 顯著性 |
| .02 | 1 | 66 | .88 |

由表5-23可知，有無反思性引導機制虛擬實境教材之第五大項合作誤差變異量的Levene檢定等式，顯著性為.88(p>.05)，表示無法拒絕虛無假設，亦表示兩組後測分數(依變項)的誤差變異量並沒有顯著差異，具有同質性。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-24 實驗組與控制組第五大項合作後測共變數分析摘要 | | | | | | | | |
| VR數位素養大項 | 組別 | 個數 | 平均數 | 標準差 | 調整後平均數 | 標準誤差 | F | 顯著性 |
| 合作 | 實驗組 | 41 | 30.20 | 6.00 | 29.83 a | .77 | 4.77 | .03\* |
| 控制組 | 27 | 26.59 | 6.16 | 27.14 a | .95 |

1. 模型中出現的共變數根據下列值估計: 合作前測 = 26.50
2. \* p<.05

由表5-24可知，有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材在排除前測分數(共變項)對後測分數(依變項)的影響後，結果顯示F值為4.77，顯著性.03(p<.05)，表示組別之間有達顯著差異，兩組學生在第五大項合作問卷的表現因為反思性引導機制融入虛擬實境教材的有無，而有所差異。反思性引導機制虛擬實境教材組後測分數調整後平均數為29.83，無反思性引導機制虛擬實境教材組調整後平均數為27.14，表示有反思性引導機制虛擬實境教材組調整後的後測分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組。

第六大項創造之分數差異，若通過同質性檢定，則繼續進行共變數分析。若共變數分析有顯著差異，則再繼續進行效果量等級分析。分析結果如表5-25所示

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-25 實驗組與控制組第六大項創造組內迴歸係數同質性檢定摘要 | | | | | |
| 變異來源 | 離均差平方和 | 自由度 | 平均平方和 | F值 | 顯著性 |
| 組別×前測成績 | 36.20 | 1 | 36.20 | 1.50 | .22 |
| 誤差 | 1536.20 | 64 | 24.00 |  |  |

表5-25為共變數之組內迴歸係數同質性檢定結果，個別為F值1.50，顯著性數值則是.22(p>.05)，未達顯著水準，符合共變數組內迴歸係數同質性檢定，表示兩組研究對象第六大項創造並無顯著差異，可再進一步進行有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之第六大項創造共變數分析，檢驗有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在第六大項創造後測分數之差異，分析結果如表5-26以及表5-27所示。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表5-26 實驗組與控制組第六大項創造誤差變異量的Levene檢定等式 | | | |
| F值 | df1 | df2 | 顯著性 |
| 1.22 | 1 | 66 | .27 |

由表5-26可知，有無反思性引導機制虛擬實境教材之第六大項創造誤差變異量的Levene檢定等式，顯著性為.27(p>.05)，表示無法拒絕虛無假設，亦表示兩組後測分數(依變項)的誤差變異量並沒有顯著差異，具有同質性。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-27 實驗組與控制組第六大項創造後測共變數分析摘要 | | | | | | | | |
| VR數位素養大項 | 組別 | 個數 | 平均數 | 標準差 | 調整後平均數 | 標準誤差 | F | 顯著性 |
| 創造 | 實驗組 | 41 | 38.07 | 8.37 | 37.23 a | 1.15 | 5.63 | .02\* |
| 控制組 | 27 | 31.48 | 7.14 | 32.75 a | 1.43 |

1. 模型中出現的共變數根據下列值估計: 創造前測 = 32.10
2. \* p<.05

由表5-27可知，有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材在排除前測分數(共變項)對後測分數(依變項)的影響後，結果顯示F值為5.63，顯著性.02(p<.05)，表示組別之間有達顯著差異，兩組學生在第六大項創造問卷的表現因為反思性引導機制融入虛擬實境教材的有無，而有所差異。反思性引導機制虛擬實境教材組後測分數調整後平均數為37.23，無反思性引導機制虛擬實境教材組調整後平均數為32.75，表示有反思性引導機制虛擬實境教材組調整後的後測分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組。

第七大項問題解決之分數差異，若通過同質性檢定，則繼續進行共變數分析。若共變數分析有顯著差異，則再繼續進行效果量等級分析。分析結果如表5-28所示。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-28 實驗組與控制組第七大項問題解決組內迴歸係數同質性檢定摘要 | | | | | |
| 變異來源 | 離均差平方和 | 自由度 | 平均平方和 | F值 | 顯著性 |
| 組別×前測成績 | .18 | 1 | .18 | .01 | .90 |
| 誤差 | 871.86 | 64 | 13.62 |  |  |

表5-28為共變數之組內迴歸係數同質性檢定結果，個別為F值.01，顯著性數值則是.90(p>.05)，未達顯著水準，符合共變數組內迴歸係數同質性檢定，表示兩組研究對象第七大項問題解決並無顯著差異，可再進一步進行有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之第七大項問題解決共變數分析，檢驗有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在第七大項問題解決後測分數之差異，分析結果如表5-29以及表5-30所示。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表5-29 實驗組與控制組第七大項問題解決誤差變異量的Levene檢定等式 | | | |
| F值 | df1 | df2 | 顯著性 |
| 1.38 | 1 | 66 | .24 |

由表5-29可知，有無反思性引導機制虛擬實境教材之第七大項問題解決誤差變異量的Levene檢定等式，顯著性為.24(p>.05)，表示無法拒絕虛無假設，亦表示兩組後測分數(依變項)的誤差變異量並沒有顯著差異，具有同質性。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-30 實驗組與控制組第七大項問題解決後測共變數分析摘要 | | | | | | | | |
| VR數位素養大項 | 組別 | 個數 | 平均數 | 標準差 | 調整後平均數 | 標準誤差 | F | 顯著性 |
| 問題 | 實驗組 | 41 | 21.95 | 4.00 | 21.43 a | .58 | .64 | .42\* |
| 控制組 | 27 | 19.89 | 4.85 | 20.67 a | .72 |

1. 模型中出現的共變數根據下列值估計: 問題解決前測 = 19.56
2. \* p<.05

由表5-30可知，有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材在排除前測分數(共變項)對後測分數(依變項)的影響後，結果顯示F值為.64，顯著性.42(p>.05)，表示組別之間未達顯著差異，兩組學生在第七大項問題解決問卷的表現並沒有因為反思性引導機制融入虛擬實境教材的有無，而有所差異。反思性引導機制虛擬實境教材組後測分數調整後平均數為21.43，無反思性引導機制虛擬實境教材組調整後平均數為20.67，表示有反思性引導機制虛擬實境教材組調整後的後測分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組。

第八大項責任與公民參與之分數差異，若通過同質性檢定，則繼續進行共變數分析。若共變數分析有顯著差異，則再繼續進行效果量等級分析。分析結果如表5-31所示。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-31 實驗組與控制組第八大項責任與公民參與組內迴歸係數同質性檢定摘要 | | | | | |
| 變異來源 | 離均差平方和 | 自由度 | 平均平方和 | F值 | 顯著性 |
| 組別×前測成績 | 11.57 | 1 | 11.57 | .37 | .54 |
| 誤差 | 1953.13 | 64 | 30.51 |  |  |

表5-31為共變數之組內迴歸係數同質性檢定結果，個別為F值.37，顯著性數值則是.54(p>.05)，未達顯著水準，符合共變數組內迴歸係數同質性檢定，表示兩組研究對象第八大項責任與公民參與並無顯著差異，可再進一步進行有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之第八大項責任與公民參與共變數分析，檢驗有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在第八大項責任與公民參與後測分數之差異，分析結果如表5-32以及表5-33所示。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表5-32 實驗組與控制組第八大項責任與公民參與誤差變異量的Levene檢定等式 | | | |
| F值 | df1 | df2 | 顯著性 |
| 1.29 | 1 | 66 | .25 |

由表5-32可知，有無反思性引導機制虛擬實境教材之第八大項責任與公民參與誤差變異量的Levene檢定等式，顯著性為.25(p>.05)，表示無法拒絕虛無假設，亦表示兩組後測分數(依變項)的誤差變異量並沒有顯著差異，具有同質性。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-33 實驗組與控制組第八大項責任與公民參與後測共變數分析摘要 | | | | | | | | |
| VR數位素養大項 | 組別 | 個數 | 平均數 | 標準差 | 調整後平均數 | 標準誤差 | F | 顯著性 |
| 責任與公民參與 | 實驗組 | 41 | 25.68 | 5.24 | 25.41 a | .86 | 12.05 | .001\* |
| 控制組 | 27 | 20.19 | 6.30 | 20.58 a | 1.07 |

1. 模型中出現的共變數根據下列值估計: 責任與公民參與前測 = 20.37
2. \* p<.05

由表5-33可知，有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材在排除前測分數(共變項)對後測分數(依變項)的影響後，結果顯示F值為12.05，顯著性.001(p<.05)，表示組別之間有達顯著差異，兩組學生在第八大項責任與公民參與的表現因為反思性引導機制融入虛擬實境教材的有無，而有所差異。反思性引導機制虛擬實境教材組後測分數調整後平均數為25.41，無反思性引導機制虛擬實境教材組調整後平均數為20.58，表示有反思性引導機制虛擬實境教材組調整後的後測分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組。

1. VR數位素養之效果量分析結果

在進行共變數分析後，本節會針對後測分數具有顯著差異之數據，更進一步進行效果量（Effect Size）分析，分別為整體「VR數位素養」、第一大項資訊獲取與理解、第二大項評估、第四大項互動、第五大項合作、第六大項創造以及第八大項責任與公民參與大項，這是為了更全面地評估反思性引導機制虛擬實境教材對學習成效的實際影響。效果量是衡量變異因素影響程度的一個重要指標，它能夠提供超出統計顯著性之外的訊息，即使在樣本大小不同或變異數存在差異的情況下，也能給出一個標準化的影響大小評估。透過計算效果量，我們可以量化教學介入的實質效果，以評估和解釋實驗結果的實際意義。如表5-34所示。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-34 實驗組與控制組社會科歷史學習成效後測效果量分析摘要 | | | | |
| 實驗分析工具 | R平方 | Cohen’s f | | 效果量等級 |
| 整體「VR數位素養」  共變數分析 | 0.47 | | 0.94 | 大 |
| 第一大項資訊獲取與理解共變數分析 | 0.51 | | 1.02 | 大 |
| 第二大項評估共變數分析 | 0.44 | | 0.90 | 大 |
| 第四大項互動共變數分析 | 0.29 | | 0.64 | 大 |
| 第五大項合作共變數分析 | 0.40 | | 0.82 | 大 |
| 第六大項創造共變數分析 | 0.29 | | 0.64 | 大 |
| 第八大項責任與公民參與共變數分析 | 0.25 | | 0.58 | 大 |

由表5-34可知，依照各項目來看效果量所分析顯示之Cohen's f值，分別為整體「VR數位素養」0.94，根據Cohen的效果量標準，這個值屬於"大"的範疇；第一大項資訊獲取與理解1.02，根據Cohen的效果量標準，這個值屬於"大"的範疇；第二大項評估0.90，根據Cohen的效果量標準這個值屬於"大"的範疇；第四大互動0.64，根據Cohen的效果量標準，這個值屬於"大"的範疇；第五大項合作0.82，根據Cohen的效果量標準，這個值屬於"大"的範疇；第六大項創造0.64，根據Cohen的效果量標準，這個值屬於"大"的範疇；第八大項責任與公民參與0.58，根據Cohen的效果量標準，這個值屬於"大"的範疇，顯示反思性引導機制虛擬實境教材對整體「VR數位素養」、第一大項資訊獲取與理解、第二大項評估、第四大項互動、第五大項合作、第六大項創造以及第八大項責任與公民參與的提升效果是顯著且強大的。整體來說，這些結果支持了使用反思性引導機制虛擬實境教材在提升學生VR數位素養是有效的。

1. VR數位素養結果討論

如上述分析結果，在使用反思性引導機制虛擬實境教材之後，反思性引導機制虛擬實境教材組的整體「VR數位素養」、第一大項資訊獲取與理解、第二大項評估、第四大項互動、第五大項合作、第六大項創造以及第八大項責任與公民參與的後測問卷平均分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組，有達顯著差異。並且效果量等級為大，支持了使用反思性引導機制的虛擬實境教材在提升學生VR數位素養是有效的。

1. 認知負荷評估
2. 認知負荷之描述性統計

認知負荷問卷試題採用李克特七點評定量表（Likertscale），分數越低代表學習者在該向度的認知負荷較正向、積極。有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材之認知負荷問卷前、後測之平均數與標準差，如表5-35所示。

整體「認知負荷」，在前測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為25.02，標準差13.99；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為26.7，標準差為12.40。在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為21.02，標準差為14.36；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數為24.25，標準差11.72。

「心智負荷」向度，在前測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為15.73，標準差8.70；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為16.77，標準差為7.86。在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為13.31，標準差為9.1；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數為14.92，標準差7.35。

「心智努力」向度，在前測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為9.29，標準差5.74；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為9.92，標準差為4.73。在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為7.70，標準差為5.36；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的平均分數為9.33，標準差4.52。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-35 實驗組與控制組認知負荷問卷前、後測平均數與標準差 | | | | | | |
| 認知負荷大項 | 組別 | 個數 | 前測 | | 後測 | |
| 平均數 | 標準差 | 平均數 | 標準差 |
| 認知負荷 | 實驗組 | 41 | 25.02 | 13.99 | 21.02 | 14.36 |
| 控制組 | 27 | 26.70 | 12.40 | 24.25 | 11.72 |
| 心智負荷 | 實驗組 | 41 | 15.73 | 8.70 | 13.31 | 9.1 |
| 控制組 | 27 | 16.77 | 7.86 | 14.92 | 7.35 |
| 心智努力 | 實驗組 | 41 | 9.29 | 5.74 | 7.70 | 5.36 |
| 控制組 | 27 | 9.92 | 4.73 | 9.33 | 4.52 |

由表5-35得知，在前測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的整體「認知負荷」及「心智負荷」向度平均數略低於無使用反思性引導機制虛擬實境教材組；有使用反思性引導機制虛擬實境教材組及無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的「心智努力」向度平均數一致。在標準差的數據呈現上，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的整體「認知負荷」、「心智負荷」及「心智努力」向度標準差較大，顯示組內的認知負荷問卷分數差距較大。

在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的整體「認知負荷」、「心智負荷」及「心智努力」向度平均數略低於無使用反思性引導機制虛擬實境教材組。在標準差的數據呈現上，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的整體「認知負荷」、「心智負荷」及「心智努力」向度標準差較大，顯示組內的認知負荷問卷分數差距較大。

1. 認知負荷之共變數分析結果

本小節採用共變數分析對有無使用反思性引導機制虛擬實境教材對整體「認知負荷」、「心智負荷」及「心智努力」進行分析，首先進行兩組認知負荷的同質性檢定。若通過同質性檢定，則繼續進行共變數分析。若共變數分析有顯著差異，則再繼續進行效果量等級分析。分析結果如下:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-36 實驗組與控制組認知負荷組內迴歸係數同質性檢定摘要 | | | | | |
| 變異來源 | 離均差平方和 | 自由度 | 平均平方和 | F值 | 顯著性 |
| 組別×前測成績 | 9.39 | 1 | 9.39 | .09 | .76 |
| 誤差 | 6544.29 | 64 | 102.25 |  |  |

表5-36為共變數之組內迴歸係數同質性檢定結果，個別為F值.09，顯著性的數值為.76(p>.05)，未達顯著水準，符合共變數組內迴歸係數同質性檢定，表示兩組研究對象認知負荷並無顯著差異，可再進一步進行有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之認知負荷共變數分析，檢驗有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在認知負荷後測分數之差異，分析結果如表5-37及表5-38。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表5-37 實驗組與控制組認知負荷誤差變異量的Levene檢定等式 | | | |
| F值 | df1 | df2 | 顯著性 |
| 1.58 | 1 | 66 | .21 |

由表5-37可知，有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之認知負荷誤差變異量的Levene檢定等式，顯著性為.21(p>.05)，表示無法拒絕虛無假設，亦表示兩組後測成績(依變項)的誤差變異量並沒有顯著差異，具有同質性。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-38 實驗組與控制組認知負荷後測共變數分析摘要 | | | | | | | | |
| 認知負荷大項 | 組別 | 個數 | 平均數 | 標準差 | 調整後平均數 | 標準誤差 | F | 顯著性 |
| 認知負荷 | 實驗組 | 41 | 21.02 | 14.36 | 21.47 a | 1.56 | .71 | .40\* |
| 控制組 | 27 | 24.26 | 11.73 | 23.58 a | 1.93 |

1. 模型中出現的共變數根據下列值估計: 認知負荷前測 = 25.69
2. \* p<.05

由表5-38可知，有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在排除前測分數(共變項)對後測分數(依變項)的影響後，結果顯示F值為.71，顯著性.40(p>.05)，表示組別之間未達顯著水準，兩組學生在認知負荷的表現沒有因為反思性引導機制虛擬實境教材的有無而有所差異。因此本項分析不繼續進行效果量分析。

接著分析「心智負荷」之分數差異，若通過同質性檢定，則繼續進行共變數分析。若共變數分析有顯著差異，則再繼續進行效果量等級分析。分析結果如表5-39所示。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-39 實驗組與控制組心智負荷組內迴歸係數同質性檢定摘要 | | | | | |
| 變異來源 | 離均差平方和 | 自由度 | 平均平方和 | F值 | 顯著性 |
| 組別×前測成績 | .61 | 1 | .61 | .01 | .90 |
| 誤差 | 2621.30 | 64 | 40.95 |  |  |

表5-39為共變數之組內迴歸係數同質性檢定結果，個別為F值.01，顯著性的數值為.90(p>.05)，未達顯著水準，符合共變數組內迴歸係數同質性檢定，表示兩組研究對象心智負荷並無顯著差異，可再進一步有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之心智負荷共變數分析，檢驗有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在心智負荷後測分數之差異，分析結果如表5-40及表5-41。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表5-40 實驗組與控制組心智負荷誤差變異量的Levene檢定等式 | | | |
| F值 | df1 | df2 | 顯著性 |
| .79 | 1 | 66 | .37 |

由表5-40可知，有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之心智負荷誤差變異量的Levene檢定等式，顯著性為.37(p>.05)，表示無法拒絕虛無假設，亦表示兩組後測成績(依變項)的誤差變異量並沒有顯著差異，具有同質性。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-41 實驗組與控制組心智負荷後測共變數分析摘要 | | | | | | | | |
| 認知負荷大項 | 組別 | 個數 | 平均數 | 標準差 | 調整後平均數 | 標準誤差 | F | 顯著性 |
| 心智負荷 | 實驗組 | 41 | 13.32 | 9.18 | 13.60 a | .99 | .32 | .57\* |
| 控制組 | 27 | 14.93 | 7.35 | 14.49 a | 1.22 |

1. 模型中出現的共變數根據下列值估計: 心智負荷前測 = 16.15
2. \* p<.05

由表5-41可知，有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在排除前測分數(共變項)對後測分數(依變項)的影響後，結果顯示F值為.32，顯著性.57(p>.05)，表示組別之間未達顯著水準，兩組學生在心智負荷的表現沒有因為反思性引導機制虛擬實境教材的有無而有所差異。因此本項分析不繼續進行效果量分析。

接著分析「心智努力」之分數差異，若通過同質性檢定，則繼續進行共變數分析。若共變數分析有顯著差異，則再繼續進行效果量等級分析。分析結果如表5-42所示。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-42 實驗組與控制組心智努力組內迴歸係數同質性檢定摘要 | | | | | |
| 變異來源 | 離均差平方和 | 自由度 | 平均平方和 | F值 | 顯著性 |
| 組別×前測成績 | 12.31 | 1 | 12.31 | .78 | .37 |
| 誤差 | 1004.66 | 64 | 15.69 |  |  |

表5-42為共變數之組內迴歸係數同質性檢定結果，個別為F值.78，顯著性的數值為.37(p>.05)，未達顯著水準，符合共變數組內迴歸係數同質性檢定，表示兩組研究對象心智努力並無顯著差異，可再進一步有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之心智努力共變數分析，檢驗有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在心智努力後測分數之差異，分析結果如表5-43及表5-44。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 表5-43 實驗組與控制組心智努力誤差變異量的Levene檢定等式 | | | |
| F值 | df1 | df2 | 顯著性 |
| 2.21 | 1 | 66 | .14 |

由表5-43可知，有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之心智努力誤差變異量的Levene檢定等式，顯著性為.14(p>.05)，表示無法拒絕虛無假設，亦表示兩組後測成績(依變項)的誤差變異量並沒有顯著差異，具有同質性。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-44 實驗組與控制組心智努力後測共變數分析摘要 | | | | | | | | |
| 認知負荷大項 | 組別 | 個數 | 平均數 | 標準差 | 調整後平均數 | 標準誤差 | F | 顯著性 |
| 心智努力 | 實驗組 | 41 | 7.71 | 5.36 | 7.85 a | .61 | 1.62 | .20\* |
| 控制組 | 27 | 9.33 | 4.52 | 9.10 a | .76 |

1. 模型中出現的共變數根據下列值估計: 心智努力前測 = 9.54
2. \* p<.05

由表5-44可知，有無使用反思性引導機制虛擬實境教材在排除前測分數(共變項)對後測分數(依變項)的影響後，結果顯示F值為1.62，顯著性.20(p>.05)，表示組別之間未達顯著水準，兩組學生在心智努力的表現沒有因為反思性引導機制虛擬實境教材的有無而有所差異。因此本項分析不繼續進行效果量分析。

1. 認知負荷結果討論

如上述分析結果，在使用反思性引導機制虛擬實境教材之後，反思性引導機制虛擬實境教材組的整體「認知負荷」、「心智負荷」以及「心智努力」的後測分數與無使用反思性引導機制虛擬實境教材組並沒有達到顯著差異。

研究者推測可能為以下因素:

1. 虛擬實境的沉浸感和真實感

Skulmowski等(Skulmowski & Xu, 2022)在研究中指出，即使沒有額外的反思性引導機制，虛擬實境教材場景本身的沉浸感和真實感可能已經在一定程度上減緩了認知負荷，在這種情況可能使得學生即便在沒有反思性引導機制的協助下，也能有效的完成單元關卡任務，因此無使用反思性引導機制虛擬實境教材組學生認知負荷的增加不明顯。

1. 虛擬實境教材場境中有明確的標記和提示

Albus等(Albus et al., 2021)在研究中指出，在虛擬實境場景中的標記或提示可以有效地引導學生注意力，降低多餘的認知負荷。由於虛擬實境教材場景本身就有配置淺藍色光圈作為標記點，以及在學生遊玩畫面上的小地圖中，有小圖標能夠作為學生的位置提示。所以即使沒有使用反思性引導機制，只要虛擬實境場景中有明確的標記點和提示，無使用反思性引導機制虛擬實境教材之學生也可以有效控制自身的認知負荷。因此在認知負荷上，兩組學生無明顯差異。

1. 心流經驗評估
2. 心流經驗之描述性統計

心流經驗問卷試題採用李克特五點評定量表（Likertscale），分數越高代表學習者在該向度的心流經驗較正向、積極。有無使用「反思性引導機制」虛擬實境教材之心流經驗後測之平均數與標準差，如表5-45所示。

「心流經驗」在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為33.09，標準差8.52；無使用反思性引導機制虛擬實境教材組平均數為28.70，標準差為8.58。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-45 實驗組與控制組心流經驗問卷後測平均數與標準差 | | | | |
| 心流經驗後測 | 組別 | 個數 | 後測 | |
| 平均數 | 標準差 |
| 心流經驗 | 實驗組 | 41 | 33.09 | 8.52 |
| 控制組 | 27 | 28.70 | 8.58 |

由表5-45得知，在後測中，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的「心流經建」平均數略高於無使用反思性引導機制虛擬實境教材組。在標準差的數據呈現上，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的「心流經驗」標準差與無使用反思性引導機制虛擬實境教材組一致，顯示兩組的「心流經驗」的分布狀態類似。

1. 心流經驗之獨立樣本T檢定分析結果

本小節採用獨立樣本T檢定對有無使用反思性引導機制虛擬實境教材之「心流經驗」進行分析，首先進行兩組心流經驗的獨立樣本T檢定。若獨立樣本T檢定分析有顯著差異，則再繼續進行效果量等級分析。分析結果如下:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-46 實驗組與控制組心流經驗後測獨立樣本T檢定摘要 | | | | | | | |
| 心流經驗後測 | 組別 | 個數 | 平均數 | 標準差 | t檢定 | | |
| t | 顯著性 | |
| 心流經驗 | 實驗組 | 41 | 7.71 | 5.36 | -2.07 | | .04\* |
| 控制組 | 27 | 9.33 | 4.52 |

1. \* p<.05

由表5-46可知，有無使用反思性引導機制虛擬實境教材後之心流經驗，結果顯示t值為-2.07，顯著性.04(p<.05)，表示組別之間有達顯著水準，兩組學生在心流經驗的表現因為反思性引導機制虛擬實境教材的有無而有所差異。因此本項分析繼續進行效果量分析。

1. 心流經驗之效果量分析結果

在進行獨立樣本T檢定後，我們進一步進行效果量（Effect Size）分析，這是為了更全面地評估反思性引導機制虛擬實境教材對心流經驗的實際影響。效果量是衡量變異因素影響程度的一個重要指標，它能夠提供超出統計顯著性之外的訊息，即使在樣本大小不同或變異數存在差異的情況下，也能給出一個標準化的影響大小評估。透過計算效果量，我們可以量化教學介入的實質效果，評估和解釋實驗結果的實際意義。如表5-47所示。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-47 實驗組與控制組心流經驗後測效果量分析摘要 | | | | | |
| 實驗分析工具 | 實驗組平均數 | 控制組平均數 | 合併標準差 | Cohen’s d | 效果量等級 |
| 心流經驗獨立樣本T檢定分析 | 33.09 | 28.70 | 8.55 | 0.51 | 中 |

由表5-47可知，效果量分析顯示Cohen’s d值為0.63，指出反思性引導機制融入虛擬實境教材的使用對心流經驗有顯著的影響。根據Cohen的效果量標準，這個值屬於"中"的範疇，顯示這種教材對學習成效的提升效果是顯著的。以上結果支持了使用反思性引導機制的虛擬實境教材在提升學生心流經驗是有效的。

1. 心流經驗結果討論

如上述分析結果，在使用反思性引導機制虛擬實境教材之後，反思性引導機制虛擬實境教材組的「心流經驗」的後測問卷平均分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組，有達顯著差異。並且效果量等級為中。以上分析結果代表了使用反思性引導機制的虛擬實境教材在提升學生心流經驗是有效的。

1. 學習行為評估
2. 學習行為序列分析

本研究為瞭解教學實驗中，兩組學生在研究者開發之紀錄系統內留下之學習動作之間的相互關係及變化，對10種學習行為進行行為序列分析，分別為理解學習活動、反思引導、評估證明、探索環境、接觸目標、完成任務、互動學習、複習內容、觀察、取得提示等學習行為，計畫z分數以調查學習行為數據，並進一步生成針對學生學習行為模式調整後的殘差表。如果z分數大於1.96，則表示行為序列達到統計意義(p<.05)。表5-48以及表5-49分別顯示有使用反思性引導機制虛擬實境教材組和無使用反思性引導機制虛擬實境教材組調整後的殘差表。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表5-48 有使用反思性引導機制虛擬實境教材組z分數調整後之殘差表 | | | | | | | | | | | |
| *Z* | US | SQ | | EP | EE | CT | MC | PO | LM | O | RC |
| US | **9.37\*** | **2.24\*** | | -1.34 | -0.33 | -2.02 | -2.21 | -2.91 | -3.08 | **2.35\*** | -1.57 |
| SQ | -1.6 | **14.28\*** | | **14.71\*** | -2.68 | -6.05 | -3.72 | -2.4 | -4.91 | 0.23 | -2.01 |
| EP | -1.33 | -2.4 | | -0.84 | **5.26\*** | -2.87 | -1.39 | **4.27\*** | -1.94 | 0.12 | -0.99 |
| EE | 0.04 | -6.16 | | -3.08 | -3.18 | **16.38\*** | 0.64 | **3.59\*** | -7.11 | -3.15 | -3.26 |
| CT | -1.11 | -5.24 | | -2.86 | **5.96\*** | 1.33 | **8.63\*** | 0.44 | -6.41 | -0.35 | -3.37 |
| MC | -0.19 | **2.78\*** | | -1.39 | -0.18 | -0.94 | -2.31 | **3.81\*** | -1.03 | -1.13 | -0.97 |
| PO | -2.5 | -3.54 | | -1.83 | -4.08 | -3.46 | **3.43\*** | -1.89 | **20.4\*** | -2.72 | -1.63 |
| LM | -1.91 | -3.67 | | -1.93 | -0.83 | -2.9 | -3.2 | 0.67 | **16.36\*** | -1.47 | -2.27 |
| O | 1.45 | **2.15\*** | | -2.37 | 0.86 | -5.27 | -2.68 | -3.44 | -5.46 | **4.74\*** | **15.6** |
| RC | -0.21 | 0.91 | | -1 | **2.35\*** | -2.67 | -1.65 | -0.62 | -2.3 | **3.94\*** | -1.17 |
| **\****Z*-score>1.96 | | |  | | | | | | | | |
| 表5-49 無使用反思性引導機制虛擬實境教材組z分數調整後之殘差表 | | | | | | | | | | | |
| *Z* | US | SQ | | EP | EE | CT | MC | PO | LM | O | RC |
| US | **19.67\*** | 0 | | 0 | **3.94\*** | -3.17 | -2.16 | -2.16 | -5.18 | -0.12 | -0.74 |
| SQ | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EP | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EE | -2.6 | 0 | | 0 | -6.77 | **23.37\*** | -4.48 | **4.01\*** | -10.78 | -2.3 | -1.54 |
| CT | -1.46 | 0 | | 0 | **5.65\*** | -3.42 | **14.87\*** | -0.81 | -10.23 | **2.38\*** | -1.46 |
| MC | -0.28 | 0 | | 0 | **5.46\*** | -2.25 | -2.84 | **9.47\*** | -6.83 | 1.63 | -0.97 |
| PO | -1.71 | 0 | | 0 | -2.01 | -3.71 | **4.05\*** | -2.54 | **4.54\*** | -0.01 | -1.01 |
| LM | -4.13 | 0 | | 0 | -4 | -10.27 | -7.12 | -5.15 | **22.09\*** | -3.65 | -2.44 |
| O | -0.86 | 0 | | 0 | 1.14 | -2.18 | -1.49 | -0.72 | -3.57 | **4.77\*** | **19.86\*** |
| RC | -0.59 | 0 | | 0 | **4.14\*** | -1.5 | -1.02 | -1.02 | -2.45 | **5.45\*** | -0.35 |
| **\****Z*-score>1.96 | | |  | | | | | | | | |

由表5-48可知，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組有20種學習行為序列達到顯著的發生水平；由表5-49可知，無使用反思性引導機制虛擬實境教材組有16種學習行為序列達到顯著的發生水平。

根據序列分析，兩組表現顯著的學習行為序列轉換圖，如圖5-1和圖5-2所示；圖中箭頭旁邊的數字表示序列的z分數，而箭頭方向表示學習行為之間的轉換方向。

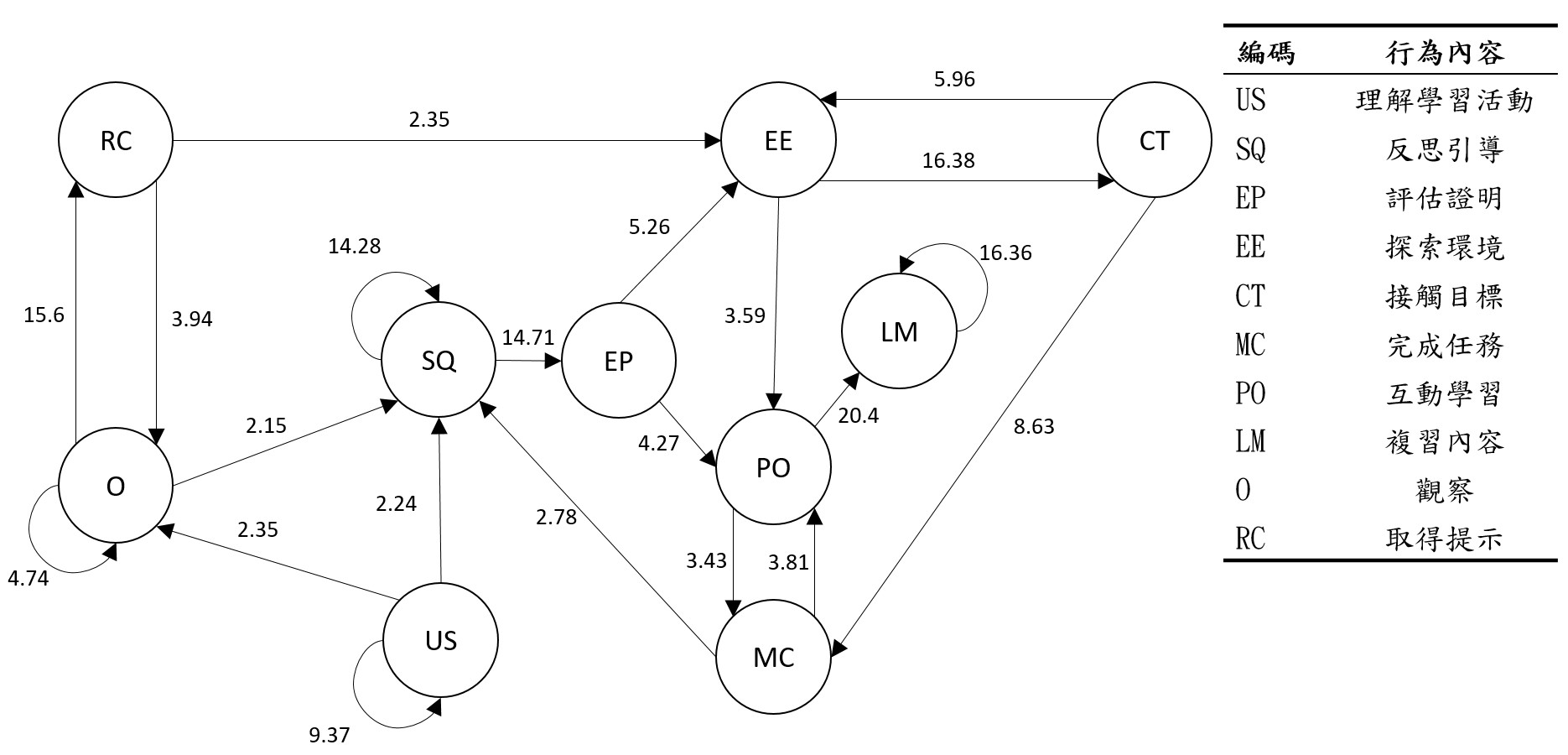


圖5-1有使用反思性引導機制虛擬實境教材組學習行為轉換圖

由圖5-1可知，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的學生在教學實驗中，學生會重複查看關卡目標理解學習活動(US⭢US)，認識完學習活動會與反思型AI助手進行反思引導行為(US⭢SQ)。學生對答完後(SQ⭢SQ)，開始評估證明行為進行目的性的移動(SQ⭢EP)，依照任務的需求會有不同走向，學生會先探索環境行為再執行接觸目標行為並完成任務(EP⭢EE⭢CT⭢MC)，或者先探索環境行為再找物件互動學習行為並完成任務(EP⭢EE⭢PO⭢MC)，又或是直接拿起目標物件並完成任務(EP⭢PO⭢MC)。當學生完成任務行為後會再重新與反思型AI助手對答(MC⭢SQ)，以及重新與物件互動學習(MC⭢PO)，並打開背包欄重複進行複習內容行為(PO⭢LM、LM⭢LM)。最後，如果學生遇到不同任務的目標角色，則會返回探索環境行為(CT⭢EE)。

另外學生理解學習活動行為後也會先進行觀察行為(US⭢O)，觀察時(O⭢O)，會遇到不同的非目標角色從他們身上取得提示(O⭢RC)，再回去和反思型AI助手進行反思引導行為(O⭢SQ)，或是直接照著提示進行探索環境行為(RC⭢EE)。

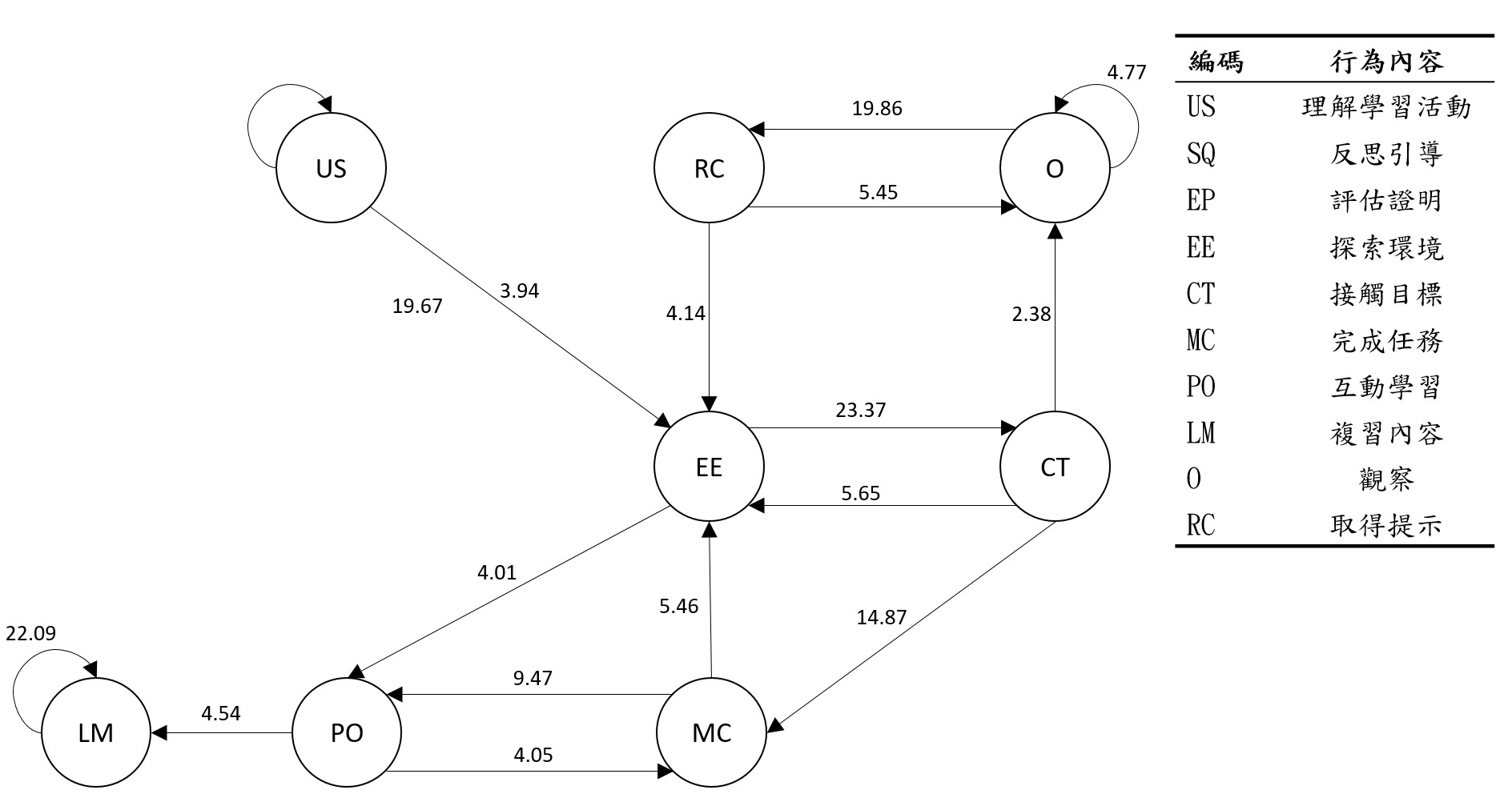


圖5-2無使用反思性引導機制虛擬實境教材組學習行為轉換圖

由圖5-2可知，無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的學生在教學實驗中，學生會先理解學習活動（US⭢US）後，照著活動目標探索環境(US⭢EE)。找到環境中的目標角色(EE⭢CT)時，如果遇到情況一，學生接觸不同任務的目標角色會改回探索環境行為(CT⭢EE)，而情況二是，學生如果還未符合任務完成條件會進行觀察行為(CT⭢O)，觀察時(O⭢O)，會從不同的非目標角色取得提示(O⭢RC)，提示沒用的話就返回觀察行為(RC⭢O)，提示有用的話就重新進行探索環境行為(RC⭢EE)，接觸目標後的情況三，則是學生符合條件完成任務(CT⭢MC)。

當學生在探索環境找到物件，可與物件互動學習(EE⭢PO)，如果學生拿起的物件為任務的條件，則會轉為完成任務行為(PO⭢MC)，而完成任務行為後也有機會重新與物件互動學習(MC⭢PO)，學生在互動學習中，也會進行複習內容行為(PO⭢LM)，並重複複習內容行為(LM⭢LM)。

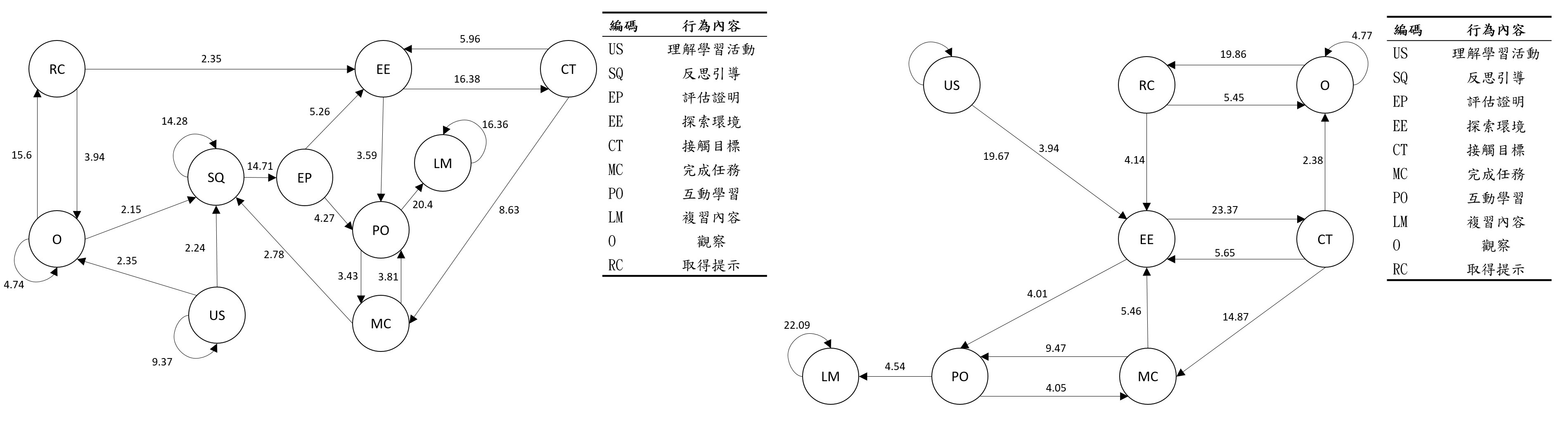


圖5-3兩組學習行為轉換圖比較

由圖5-3可知，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的學生，在教學實驗中使用反思性引導型AI助手，使得學生的行為模式更加多樣化和複雜。學生會理解學習活動後與反思性引導型AI助手進行互動，多出了一個增加學習反思的流程。此外在觀察行為後以及完成任務後，都會重新與反思性引導型AI助手對話(O⭢SQ、MC⭢SQ)。

無使用反思性引導機制虛擬實境教材的學生，在教學實驗中由於沒有使用反思性引導型AI助手，所以學生的行為更直接依賴於任務導向的探索。像是(US⭢EE)，這表示學生在理解學習活動後會直接進行探索環境，在遇到目標角色後更依賴透過觀察、取得提示等學習行為(CT⭢O⭢RC)，重回探索環境。

1. 學習行為結果討論

綜合上述，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的學生在教學實驗期間有表現出比較多重複性的學習行為，如完成任務後與反思性引導型AI助手的重複對話，或是重複與物件互動複習內容(MC⭢SQ⭢SQ、MC⭢PO⭢LM⭢LM)。而學生在任務完成前進行較多種探索和互動，例如學生和反思性引導型AI助手對話後到完成任務的行為轉換路徑(SQ⭢EP⭢EE⭢CT⭢MC、SQ⭢EP⭢PO⭢MC)。

無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的學生，由於教材內沒有配置反思性引導型AI助手，所以不會出現SQ、EP行為。而學生在教學實驗期間表現出的學習行為較多為線性的或有限的重複，行為較多圍繞在任務導向和接觸目標角色，也就是接到任務，探索環境後找到目標角色然後回報任務(US⭢EE⭢CT⭢MC⭢EE)等較為簡化的任務完成過程。並且在解任務中會更加的依賴場景中的互動物件或是路人的提示，因此在與目標角色接觸後，為了找尋完成任務的線索而去觀察路人並且取得提示，在繼續探索環境接觸要回報任務的角色，找錯就再重新探索環境(EE⭢CT⭢O⭢RC⭢EE⭢CT)。

1. 綜合討論
2. 反思性引導機制虛擬實境教材對學習成效之影響討論

本研究結果顯示，反思性引導機制虛擬實境教材組與無反思性引導機制虛擬實境教材組在教學實驗前雖擁有相同的起始水準，在使用反思性引導機制虛擬實境教材之後，反思性引導機制虛擬實境教材組的社會科歷史學習成效後測平均分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組，達顯著差異。並且效果量等級為大，支持了使用反思性引導機制的虛擬實境教材在提升學生社會課歷史學習是有效的。

本研究所採用的研究工具，反思性引導機制虛擬實境教材與無反思性引導機制虛擬實境教材，皆以虛擬實境作為教學活動載體，兩者在課程內容所涵蓋的社會歷史學習內容以及虛擬實境環境配置皆相同，差異只在反思性引導機制虛擬實境教材組有使用反思性引導型AI助手，而無反思性引導機制虛擬實境教材組則沒使用反思性引導型AI助手。而在社會科歷史學習成效的表現上，反思性引導機制虛擬實境教材組優於無反思性引導機制教材組，研究者推測其可能與以下原因有關:

1. 反思性引導機制之蘇格拉底對答法

有研究指出(Gregorcic et al., 2024)，透過使用生成式AI助手來模擬蘇格拉底式對答法的訓練，作為反思性引導機制可以有效提升學生學習能力和批判性思考能力。本研究中反思性引導機制虛擬實境教材組所使用的生成式AI助手，以蘇格拉底對答法作為生成式AI的訓練資料庫，使得生成式AI助手得以模擬蘇格拉底對答法與學生進行反思性引導。學生透過蘇格拉底式對答法能夠被引導提問出需要多角度思考的問題，這些問題將無法簡單地用”是”或”否”來回答，也無法用具體的數字或專有名詞來回答，因此學生得以進行深入且多方的思考。

而(林穎俊, 2024)同樣指出，利用生成式AI透過提問的方式幫助學生學習新的概念和有效的學習策略。這類方法不僅僅是提供答案而是生成問題，促使學生思考和反思學習過程。此外，生成式AI也被用來確認學生的理解程度，並透過交流回饋幫助學生改進尚未熟悉的知識，這進一步強化了學生的反思能力

因此本研究中，反思性引導機制虛擬實境教材組透過本研究者所開發的反思性引導型AI助手，模仿蘇格拉底式對答法與學生的反覆對談，使學生在與反思性引導型AI助手的歷史學習反思中，增強自己理解對於各個歷史角色對於歷史事件的影響及其意義。因此反思性引導機制虛擬實境教材組的社會科歷史學習成效較為優異。

1. 反思性引導機制虛擬實境教材對VR數位素養之影響

本研究結果所示，在使用反思性引導機制虛擬實境教材之後，反思性引導機制虛擬實境教材組的整體「VR數位素養」、第一大項資訊獲取與理解、第二大項評估、第四大項互動、第五大項合作、第六大項創造以及第八大項責任與公民參與的後測問卷平均分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組，有達顯著差異。並且效果量等級為大，支持了使用反思性引導機制的虛擬實境教材在提升學生VR數位素養是有效的。而第三大項倫理與福祉以及第七大項問題解決兩組皆沒有顯著差異，這可能是因為本研究設計之虛擬實境教材為單人教材，學生在教學實驗中的互動對象除了反思性引導型AI助手再來就是場景內的角色群，因此不會造成學生在教學實驗中感受到倫理與福祉面相的的問題。而第七大項問題解決，由於在教學實驗前就已事先將所有虛擬實境頭戴裝置設置好教材的設定，以及教學實驗中有老師以及其他研究員的協助，所以在兩組學生遇到設備問題時較沒壓力。而在教材內問題解決的部分，有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的學生有反思性引導型AI助手，無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的學生則有場景內的標記和提示，所以兩組學生進行任務遇到問題時，也不會造成太多負擔。

以總體分數來看，反思性引導機制虛擬實境教材組的整體「VR數位素養」平均數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組，且在社會科歷史成效也是由反思性引導機制虛擬實境教材組的表現較優於無反思性引導機制虛擬實境教材組。關於這樣的結果，研究者推測可能為以下兩點因素:

1. 使用生成式AI提升數位素養

有研究(Tran & Tran, 2023) 發現，ChatGPT可以提升學生的批判性思考能力、數位素養和在數位環境中探索的能力，該研究的受測者表示透過與ChatGPT的對談，對他們的數位素養產生了正面影響，並且認為他們在分析資訊來源、辨識可信度、區分事實和多觀點內容方面的能力均有所提升。

因此本研究中，反思性引導機制虛擬實境教材組學生透過本研究者所開發的反思性引導型AI助手，與反思性引導型AI助手參與歷史學習的反思，使得學生在使用反思性引導型助手時，熟悉了如何與ChatGPT進行互動，並且以ChatGPT回覆的內容批判性分析歷史內容、辨識評估回覆內容的可信度、區分對於歷史事實和歷史事件的多方面觀點。因此反思性引導機制虛擬實境教材組的數位素養分數較為優異。

1. 高數位素養提升學習成效

有研究訪問300位年輕人填寫數位素養問卷(Khan et al., 2022)，並且發現數位素養較高的受訪者，學業成績也較高，也較懂得使用數位系統，該篇研究結果顯示出數位素養對於提升學習成效的潛力。而有另外一篇研究顯示(Shopova, 2014)，提高學生的數位素養和使用數位系統的技能是成功的表現以及在學習過程中取得更好成績的重要條件，也就是高數位素養的學生擁有較佳的數位學習力，可以更效率的使用數位工具，並且取得更好的學習成效。由於本研究的教學工具反思性引導機制虛擬實境教材內，配置反思性引導型AI助手，而生透過與反思性引導型AI助手的歷史學習反思，熟悉與反思性引導型AI助手互動，進而提升數位素養。

因此本研究中，反思性引導機制虛擬實境教材組學生透過本研究者所開發的反思性引導型AI助手，進行歷史學習反思後提升了數位素養。因此反思性引導機制虛擬實境教材組內，提升了數位素養之學生的社會科歷史學習成效表現較為優異。

1. 反思性引導機制虛擬實境教材對認知負荷之影響

本研究結果所示，在使用反思性引導機制虛擬實境教材之後，反思性引導機制虛擬實境教材組和無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的整體「認知負荷」的後測分數並沒有達到顯著。而在「心智負荷」以及「心智努力」這兩個面向，反思性引導機制虛擬實境教材組和無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的後測分數在這兩個面向也沒有達到顯著差異。而兩組在認知負荷的後測分數皆不高，代表兩組的學生在進行教學活動中的認知負荷皆不會超過自身負荷上限。研究者推測可能為以下兩點因素:

1. 虛擬實境的沉浸感和真實感

Skulmowski等(Skulmowski & Xu, 2022)在研究中指出，即使沒有額外的反思性引導機制，虛擬實境教材場景本身的沉浸感和真實感可能已經在一定程度上減緩了認知負荷，在這種情況可能使得學生即便在沒有反思性引導機制的協助下，也能有效的完成單元關卡任務，因此無使用反思性引導機制虛擬實境教材組學生認知負荷的增加不明顯。

1. 虛擬實境教材場境中有明確的標記和提示

Albus等(Albus et al., 2021)在研究中指出，在虛擬實境場景中的標記或提示可以有效地引導學生注意力，降低多餘的認知負荷。由於虛擬實境教材場景本身就有配置淺藍色光圈作為標記點，以及在學生遊玩畫面上的小地圖中，有小圖標能夠作為學生的位置提示。所以即使沒有使用反思性引導機制，只要虛擬實境場景中有明確的標記點和提示，無使用反思性引導機制虛擬實境教材之學生也可以有效控制自身的認知負荷。因此在認知負荷上，兩組學生無明顯差異。

而(Tai et al., 2024)研究發現，透過使用虛擬實境作為學習工具，學習者的認知負荷會降低而學習成效會上升。因此依照過去文獻研究，研究者推測可能由於虛擬實境沉浸感和真實感在一定程度上減緩了認知負荷，學生在沒有反思性引導機制的協助下，也能有效的完成單元關卡任務，另外也有文獻提出虛擬實境場景中的標記或提示可以有效地引導學生注意力，降低多餘的認知負荷。而本研究之虛擬實境教材場景中有配置標記點以及小地圖，提供了學生位置提示，讓無使用反思性引導機制虛擬實境教材之學生也可以有效控制認知負荷。因此在社會科歷史後測分數表現上，兩組學生各有提升。而在認知負荷上，兩組學生則沒有明顯差異。

1. 反思性引導機制虛擬實境教材對心流經驗之影響

本研究結果顯示，在使用反思性引導機制虛擬實境教材之後，反思性引導機制虛擬實境教材組的「心流經驗」的後測問卷平均分數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組，有達顯著差異。並且效果量等級為中。以上分析結果代表了使用反思性引導機制的虛擬實境教材在提升學生心流經驗是有效的。

以平均數來看，反思性引導機制虛擬實境教材組的「心流經驗」向度平均數高於無反思性引導機制虛擬實境教材組，且在社會科歷史成效也是由反思性引導機制虛擬實境教材組的表現較優於無反思性引導機制虛擬實境教材組。關於這樣的結果，研究者推測可能為以下兩點因素:

1. 虛擬實境與反思性引導機制共同提高心流經驗

(Faiola et al., 2013)研究表示當學生處在虛擬實境環境中，遊戲化學習的設計使得學生在教學課程中，會需要利用自己所擁有或未擁有的知識面對挑戰，而這些情況使得學生進入心流狀態。學生正在進行歷史學習任務時需要專注心神。研究(Kurtuluş & Eryılmaz, 2017)指出，反思思考狀態與心流狀態之間存在著顯著相關性。因此當反思性引導機制虛擬實境教材組的學生與反思性引導型AI助手進行歷史學習反思，以解決學習任務的問題，此時的反思思考狀態時會再一次提高學生的心流經驗狀態。

因此雖然兩組的學生皆使用虛擬實境作為教材的教學工具，但由於反思性引導機制虛擬實境教材內有反思性引導型AI助手能夠幫助反思性引導機制虛擬實境教材組的學生進行歷史學習反思，因此反思性引導機制虛擬實境教材的心流經驗表現較優異。

1. 高心流經驗提升學習成效

當學生在進行學習時，(張基成 & 林冠佑, 2016)研究指出心流經驗與學習成效呈顯著正相關，學生產生高心流經驗的狀態下，也同樣會有較好的學習成效。透過教材設計者在教學工具上的設計，如應用場景的擬真情境、回饋訊息以及其他能融入於數位教材內的元素，使得學生進入心流，以取得高學習成效。而本研究中，由於研究者使用了虛擬實境以及反思性引導型AI助手作為教學工具，因此反思性引導機制虛擬實境教材組的學生產生較高的心流經驗，也因為較高的心流經驗使得反思性引導機制虛擬實境教材組的學生在社會科歷史學習成效較為優異。

1. 反思性引導機制虛擬實境教材對學習行為之影響

本研究結果顯示，使用反思性引導機制虛擬實境教材組的學生，在教學實驗中使用反思性引導型AI助手，使得學生的行為模式較為多樣化和複雜。學生會理解學習活動後與反思性引導型AI助手進行互動，多出了一個增加學習反思引導的流程。此外在觀察行為後以及完成任務後，都會重新與反思性引導型AI助手對話(O⭢SQ、MC⭢SQ)。以下為反思性引導機制虛擬實境教材組的學生學習行為序列特點:

* + - 1. 反思與學習交織:學生頻繁與反思性引導型AI助手互動(SQ⭢SQ)，在理解學習活動(US⭢SQ)和任務完成(MC⭢SQ)後都會進行反思引導，顯示反思引導在學習過程中的重要性。
      2. 多樣的學習路徑:學生在探索環境(EE)、接觸目標(CT)、與物件互動學習(PO)之間有多種轉換路徑，顯示學習策略的靈活運用。
      3. 主動複習:學生會主動打開背包將物件放入背包欄複習內容，並重複複習(LM⭢LM)，顯示自主學習的傾向。
      4. 從觀察中獲取提示:學生在觀察(O)時會從非學習任務相關NPC(RC)取得提示，並可能因此返回與反思性引導型AI助手歷史學習反思(O⭢SQ) 或直接探索環境(RC⭢EE)。

無反思性引導機制虛擬實境教材組的學生，在教學實驗中由於沒有使用反思性引導型AI助手，所以學生的行為較為依賴於學習任務導向的探索。像是(US⭢EE)，這表示學生在理解學習活動後會直接進行探索環境。在遇到目標角色後遇到學習任務問題需要依賴透過觀察、取得提示等學習行為後重回探索環境(CT⭢O⭢RC⭢EE)。而學生的學習行為模式也較為線性，探索環境後找到目標角色就回報學習任務(US⭢EE⭢CT⭢MC⭢EE)。以下歸納出無反思性引導機制虛擬實境教材組的學生學習行為序列特點:

1. 線性的學習路徑: 學生主要依照「理解學習活動轉(US⭢EE)探索環境、探索環境轉 (EE⭢CT)接觸目標、接觸目標轉(CT⭢MC)完成任務、完成學習任務(MC)」的線性路徑進行學習，較少其他行為的轉換。
2. 被動觀察:學生在接觸目標(CT)後，如果未符合任務條件，才會進行觀察(O)並且從非學習任務相關NPC(RC)取得提示，顯示被動學習的傾向。
3. 有限的複習行為:學生在與物件互動學習後，可能會完成學習任務(PO⭢MC)或重新與物件(MC⭢PO)互動學習，但複習內容(LM)的行為較少且較不頻繁。

由於無反思性引導機制虛擬實境教材組學生相較於反思性引導機制虛擬實境教材組學生的心流經驗較為低，而無反思性引導機制虛擬實境教材組的學生，在重複閱讀以進行歷史知識分析的習內容(LM)的行為較少也比較不頻繁，他們也比較常透過被動觀察以分析歷史訊息，這行為類似於(Chou et al., 2021)研究中的低心流經驗組的行為。而反思性引導機制虛擬實境教材組學生產生的心流經驗較高，所以會較頻繁地與反思性引導型AI助手互動，進行歷史學習反思完，以及主動地觀察分析歷史知識。

綜上所述，本研究中由於研究者使用了虛擬實境以及反思性引導型AI助手作為教學工具，因此有使用反思性引導機制虛擬實境教材組的學生，在學習過程中表現出較為主動、積極的學習態度，並能靈活運用不同的學習策略。他們會主動反思、觀察環境、複習內容，並在與物件互動時展現多樣化的行為選擇。相較之下，無使用反思性引導機制虛擬實境教材組的學生則顯得較為被動，主要依照學習任務指引進行學習，較少主動探索和反思，且複習行為較少。

Albus, P., Vogt, A., & Seufert, T. (2021). Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load. *Computers & Education*, *166*, 104154. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104154>

Chou, Y.-S., Hou, H.-T., Chang, K.-E., & Su, C.-L. (2021). Designing cognitive-based game mechanisms for mobile educational games to promote cognitive thinking: an analysis of flow state and game-based learning behavioral patterns. *Interactive Learning Environments*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1926287>

Faiola, A., Newlon, C., Pfaff, M., & Smyslova, O. (2013). Correlating the effects of flow and telepresence in virtual worlds: Enhancing our understanding of user behavior in game-based learning. *Computers in Human Behavior*, *29*(3), 1113-1121. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.10.003>

Gregorcic, B., Polverini, G., & Sarlah, A. (2024). ChatGPT as a tool for honing teachers’ Socratic dialogue skills. *Physics Education*, *59*(4), 045005.

Khan, N., Sarwar, A., Chen, T. B., & Khan, S. (2022). Connecting Digital Literacy in Higher Education to the 21st Century Workforce. *Knowledge Management & E-Learning*, *14*(1), 46-61.

Kurtuluş, A., & Eryılmaz, A. (2017). The relationship between reflective thinking skills based on problem solving and flow experiences in mathematics. *Journal of Theoretical Educational Science*, *10*(3), 349-365.

Shopova, T. (2014). Digital literacy of students and its improvement at the university. *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, *7*(2), 26-32.

Skulmowski, A., & Xu, K. M. (2022). Understanding Cognitive Load in Digital and Online Learning: a New Perspective on Extraneous Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, *34*(1), 171-196. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7>

Tai, K.-H., Hong, J.-C., Chen, K.-F., & Lin, C.-L. (2024). Practicing drum on VR to promote rhythm performance: Exploring the learning progress related to incremental belief of rhythm, gameplay anxiety, flow experience, and perceived learning value. *Entertainment Computing*, *48*, 100607.

Tran, T. N., & Tran, H. P. (2023). Exploring the role of ChatGPT in developing critical digital literacies in language learning: a qualitative study. Proceedings of the AsiaCALL International Conference,

林穎俊. (2024). 透過生成式AI幫助學生成為更好的學習者. *師友雙月刊*(644), 56-61.

張基成, & 林冠佑. (2016). 從傳統數位學習到遊戲式數位學習－學習成效、心流體驗與認知負荷 [From Traditional e-Learning to Digital Game-Based Learning: Learning Performance, Flow Experience and Cognitive Load]. *科學教育學刊*, *24*(3), 221-248. <https://doi.org/10.6173/cjse.2016.2403.01>