

# 電腦輔助認知康復的發展： 人工智能技術的應用

葉智斌博士

註冊職業治療師

思穎創新科研有限公司行政總監

## 內容

- 認知康復及電腦輔助康復的概要
- 人工智能如何輔助認知康復
- 人工智能與不同電腦技術的配合

## 認知功能

認知功能包括什麼？

- 記憶力 (memory)
- 集中力 (attention)
- 導向 (orientation)
- 感知 (perception)
- 抑制能力 (inhibition)
- 認知彈性 (flexibility)
- 執行能力 (executive function)
- 解決問題能力 (problem solving)… etc

## 認知功能障礙

- 腦創傷
- 中風
- 腦腫瘤
- 老年痴呆症, 輕度認知功能缺損 (Mild Cognitive Impairment, MCI)
- 智障
- 學習障礙
- 其他, 如帕金森症等

## 認知康復是什麼？

- 協助治療、減輕、緩和認知功能障礙
  - 泛指一些提高或改善個人處理或使用外來訊息能力以提高日常生活功能的治療過程
- “any intervention strategy or technique which intends to enable clients or patients, and their families, to live with, manage, by-pass, reduce or come to terms with cognitive deficits precipitated by injury to the brain”**
- (Man, 1997; Wilson, 1997)

## 認知康復

- 在近數十年，因為神經心理學的發展，令人明白更多有關腦部結構與認知功能的關係
- 很多神經心理學的理论亦因此發展，如：
  - 神經可塑性 (neuroplasticity)、
  - 豐富環境 (enriched environment) 等
- 令不同的評估、訓練方式亦相應產生

## 認知康復

- 主要分為兩大類：
  - 恢復性 (restorative)
  - 輔助性 (compensatory)

## 恢復性治療方法

- 假設 (assumption):
    - 透過反覆訓練，受損的認知功能是可以恢復的
    - 所提升的能力是可以應用到其他相關的任務中
  - 治療目標：
    - 通常是針對特定/ 單一的認知功能，如：記憶力、集中力、感知能力和解決問題能力等
- (Lynch, 2002)
- 手法：
    - 紙筆任務、方塊組合或治療遊戲 (remedial game)  
(Gontkovsky, McDonald, Clark, & Ruwe, 2002; Tam et al., 2003)

## 輔助性治療方法

- 治療目標：
  - 以一些輔助技巧，環境改善或使用其他正常認知功能以解決功能障礙
- 治療手法：
  - 訓練病者使用記事簿、電子提示設備
  - 記憶法

(Fleming, Shum, Strong & Lightbody, 2005)

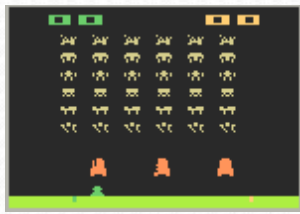
## 換換方式又如何

- 電腦輔助認知康復  
(computer-assisted cognitive rehabilitation)



## 電腦輔助認知康復

- 其實從80年代開始，電腦已在應用在認知康復中
- 初時只是以坊間電腦遊戲作訓練



Picture from

<http://www.emuunlim.com/doteaters/play3sta1.htm>

## 電腦輔助認知康復

- 慢慢發展至針對個別認知功能訓練軟件



Pictures from RehaCom

## 電腦輔助認知康復

- 隨著電腦技術的發展
  - 很多不同種類的訓練軟件相繼出現
  - 自行開發針對不同病人的軟件
  - 能提供相約，甚至超過傳統認知康復的治療效果

## 電腦輔助認知康復的優點

- 高經濟效益
  - 廉價及功能強勁的電腦
  - 電腦應用更為普及
  - 人與電腦互動更緊密
- 具吸引力的訓練內容
  - 靈活使用多媒體內容，如文字、聲音、圖像和短片
  - 指示及回饋更清晰、客觀及統一
  - 令使用者更能投入及集中於訓練內容中

- 靈活的治療時間
  - 使用者只需要開啟訓練軟件便可進行訓練
- 準確紀錄使用者的表現
  - 治療師可更集中觀察使用者的行為及反應
- 個人化的訓練
  - 訓練內容能輕易修改以切合不同使用者需要，例如：
  - 加入使用者熟悉的聲音及圖片、文字、難易度等
- 良好的治療效果
  - 研究証實電腦輔助認知康復具有與傳統治療相約的治療效果，甚至更超越

但...好像只是把傳統訓練放到電腦內，治療模式沒有大改變



## 我們現時面對的難題

- 醫療人手短缺
- 醫療費用高
- 認知功能的提升好像難以帶到日常生活當中

治療師人手不足，訓練項目很多時候由助理員執行。

電腦輔助訓練如何協助治療師管理及改善訓練進度??

## 醫療費用高

病人能否在電腦科技的協助下在家居進行訓練  
治療師又如何監察訓練進度

人工智能  
(Artificial intelligence)

# 人工智能

- 以機械模擬人類智慧，能找出合適的資料以處理問題。“simulation of human intelligence on a machine, so as to make the machine efficient to identify and use the right piece of “knowledge” at a given step of solving a problem”

(Russell & Norvig, 2003)

- 當學習足夠的資訊後，機械便可以「理性」地工作  
That means the machine can act “rationally” after learning enough “fact” from the real world

(Konar, 2000)

# 人工智能

- 人工智能早於**1950**年由英國數學家**Alan Turing** 提出。

(Luger, 2005)

- **1970**年代開始發展，直至現在，已有不同的人工智能模式出現，如：

- **Rule-based**
- **Expert system**
- **Artificial neural network, etc...**

(Russell & Norvig, 2003; Schalkoff, 1997)

- 現今社會，人工智能已和大家生活不可分割。

- 金融系統、大型數據庫
- 相機、搜尋器、電子遊戲等

# 人工智能

- 人工智能直接應用在康復上仍然很少
- 只有數宗協助醫療診斷的研究報告
- 但在教育界已被廣泛應用“**intelligent tutor**”
- 人工智能具有實時分析使用者的表現並能提供即時及個人化的回饋

(Servan-Schreiber & Binik, 1989)

# 人工智能於認知功能康復的應用



## 人工智能於認知功能康復的應用

- 人工智能可以與其他技術配合運用，如虛擬實景
- 智能化虛擬實景後置記憶訓練
- 結合人工智能及虛擬實景的優點
- 人工智能系統綜合分析使用者的往績及訓練表現
- 計劃下一課的訓練內容及難易度

## 優點

- 模擬治療師的智慧並擔當輔助和監察角色
- 在不同時間給予使用者合適的反應
- 分析使用者的表現
- 改變訓練的難易程度及課程內容以切合不同學習進度
- 提供即時及個人化的回饋
- 避免使用者接受太難或太易的訓練內容，從而提升自信心
- 減少不必要的訓練內容縮短訓練時間及增加成效

## 缺點

- 需要對訓練目標作詳細分析並找出訓練要點及步驟
- 建立人工智能中的專家系統需要大量專家知識
- 建立初步專家系統後需要使用者反覆測試及修改
- 開發成本較高

## 人工智能技術的應用實証

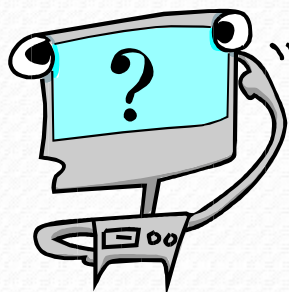
人工智能如何配合其他電腦技術以提升訓練成效？

# 應用例子一： 人工智能與虛擬實景

讓治療成果更生活化

## 有人可能會有以下經驗…

記憶力是進步了，但是…病者的日常生活功能並沒有多大的改善，為什麼呢？



## 問題所在

- 研究証實
  - 在認知功能評估中，針對訓練的項目是有所提升
- 但原來
  - 應用到相關任務中，如日常生活項目… 不明顯 (NOT significant)

(Cicerone et al, 2000, 2005; Tate, 1997)

## 認知康復觀點的改變

- 由傳統著重重複練習到個人化取向
- 針對日常生活困難/ 障礙
- 著重日常功能性的訓練
- 訓練較高層次的認知功能，如解決問題 (Problem-solving)、執行能力 (executive function) 等

(Wilson, 1997)



## 電腦輔助康復的新發展 虛擬實景 (Virtual reality)



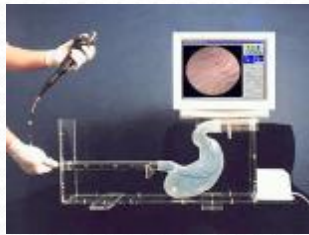
Picture from Microsoft  
Flight Simulator X

## 虛擬實景 (virtual reality)

- 虛擬實景是一種互動的電腦科技
- 電腦會模擬出一個人工世界中，當中包括圖像、聲音，甚至觸覺訊息
- 使用者會感受到身處現場當中，與一個較真實的環境互動

## 虛擬實景在醫學上的應用

- 在約二十年前，虛擬技術已開始在醫學上應用



內窺鏡培訓



畏高症治療

Pictures from [www.5dt.com](http://www.5dt.com)

## 虛擬技術在認知康復上的應用

- 近十年，虛擬技術開始應用在認知復康評估及治療上，例如：

- 執行能力評估

(McGeorge et al., 2001)

- 環境導向訓練

(Bertella et al., 2001)

- 記憶力訓練

(Brooks & Rose, 2003)

- 日常生活技巧訓練

(Zhang et al, 2003)

## 用途

- 而在認知康復的應用亦十分廣泛
  - 記憶力、執行能力、地方導向及日常生活技巧訓練
  - 不少研究已証實了虛擬實景的治療效果
  - 也能把效果帶到現實生活中
  - 而功能磁共振圖也証明了腦部在虛擬環景中的活躍部分與現實生活的是相約的

(Bertella, Marchi & Riva, 2001; McGeorge et al, 2001; Rose, Attree, Brooks & Johnson, 1998; Zhang, Abreu, Seale, Masel, Christiansen & Ottenbacher, 2003)

## 應用病類

- 虛擬技術也被廣泛應用到不同的病類，例如：
  - 中風,
  - 腦外傷
  - 精神分裂症等
- 除了訓練目標功能得到提升外，使用者的自信心及在真實環的的表現也得到明顯提升

(Yip & Man, 2009)

## 優點

- 虛擬實景尤其重要，當在現實環境中訓練是不可行、危險、運送上十分困難或環境難以控制

(Rose, et al, 1999)

- 在控制器的協助下使用者可以主動控制虛擬環境
- 而虛擬環境可以隨意控制，而且十分安全

## 人工智能虛擬前瞻記憶訓練

Intelligent virtual reality-based prospective memory  
training program

## 人工智能後置記憶訓練 (Prospective memory)

	人工智能 + 虛擬 實景	虛擬實景	對照組
訓練內容	前瞻記憶訓練 其他相關認知功能	前瞻記憶訓練 其他相關認知功能	日常活動
訓練特點	內置人工智能系統 分析使用者的弱點 提供合適訓練內容 決定合適的難易度	預設的訓練內容 難易度由淺入深， 隨每節訓練提升	沒有

## 訓練內容設計

- 回顧記憶與抑制能力是構成前瞻記憶的重要元素
- 所以，人工智能訓練系統包括以下三個主要訓練部份
  - 前瞻記憶 (**prospective memory component**)
  - 回顧記憶 (**retrospective memory component**)
  - 抑制能力 (**inhibition component**)

## 前瞻記憶訓練內容

- 時間性前瞻記憶 (Time-based)
- 事件性前記憶 (Event-based)
- 當前進行任務 (Ongoing tasks)

## 前瞻記憶訓練內容

### 購物任務：

現在我有一些事情想你幫我到超市購買。我會準備一張購物清單俾你，請你按照清單購買便可。一陣間，如果你見到有特價飲品，請你第一時間幫我買。如果你見到有紅色禮物的話，都請你第一時間幫我換。另外，你購物的時候應該會有新鮮薄餅出爐。如果你聽到有新鮮薄餅出爐的廣播，就請你都立即去買。最後，我放左盒點心係微波爐裡面，請你5分鐘之後幫我拿。當你完成整個購物任務後便可以到收銀處付款。

## 即時回憶前瞻記憶項目內容

好! 現在為了加強你的記憶, 請你從以下選出你今次除了按照購物清單購物外還要做的任務。

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="radio"/> 換紅色禮物       | <input type="radio"/> 聽到禮物廣播後致電回家 |
| <input type="radio"/> 買特價水果       | <input type="radio"/> 幫手機充電       |
| <input type="radio"/> 到10:05時致電回家 | <input type="radio"/> 聽到廣播後換綠色禮物  |
| <input type="radio"/> 換綠色禮物       | <input type="radio"/> 買扭蛋玩具       |
| <input type="radio"/> 到10:15時買水果  | <input type="radio"/> 到10:10時提取物品 |

## 虛擬訓練環境 ( 超市 )

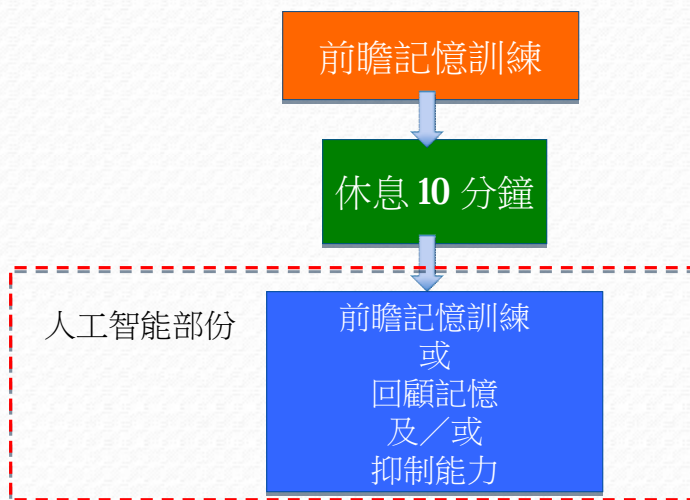


## 回顧記憶訓練內容

- 15 秒內記憶一系列貨品，30 秒休息
- 在一系列的貨品內選出剛才出現的貨品
- 連續進行三次

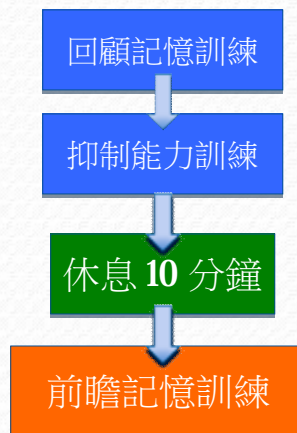


## 人工智能訓練系統結構





## 非人工智能訓練系統結構



## 人工智能系統設計

- 基于規則的專家系統 (Rule-based expert system)
- 「診斷」使用者有否出現回顧記憶或抑制能力
- 由上一節的訓練表現分析使用者的能，例如：
  - 即時回憶記憶任務
  - 執行前瞻記憶項目的準確度等
- 決定本節的訓練內容

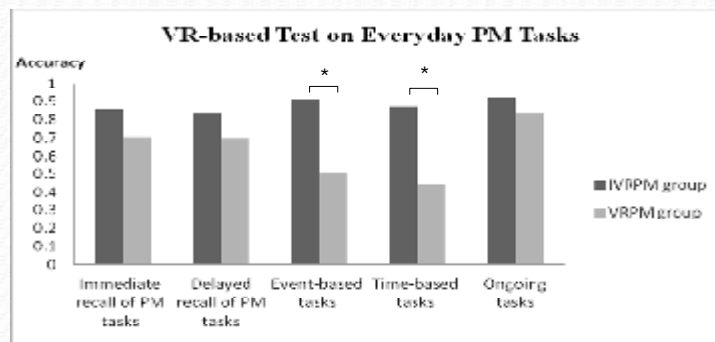
## 研究結果 ( 節錄 )

— 55 位參加者成功完成整個研究計劃

	人工智能 + 虛擬 實景 (n=18)	虛擬實景 (n=19)	對照組 (n=18)
平均年齡 (標準差)	52.33 (11.08)	51.26 (5.79)	53.06 (7.87)
性別			
男	8	12	12
女	10	7	6
診斷			
中風	14	15	14
腦外 傷	4	4	4

54

## 前瞻記憶有虛擬環境中的表現

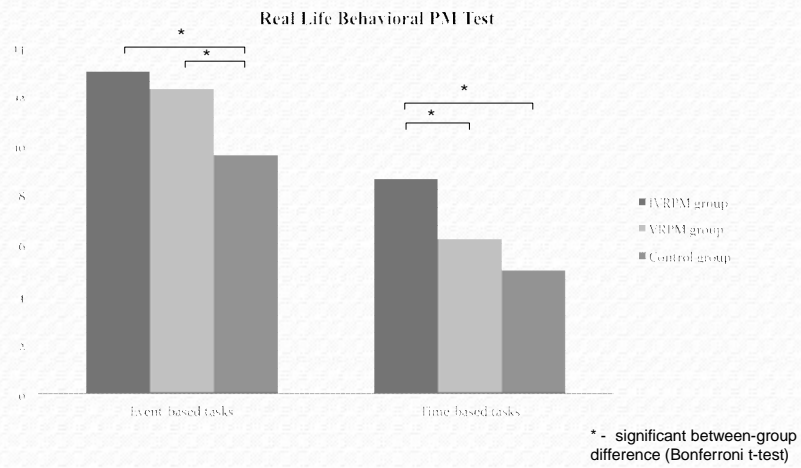


\* - significant between group difference (Bonferroni t-test,  $p < 0.01$ )

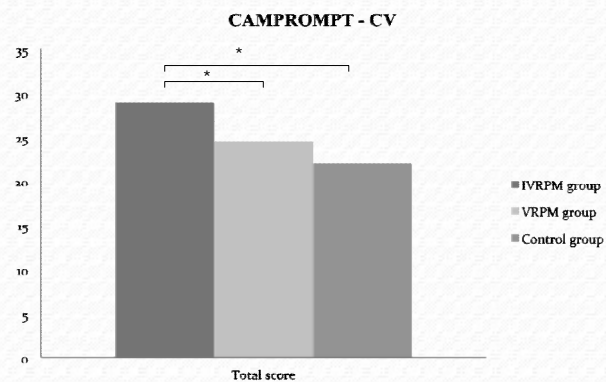
— 時間性任務及事件性任務

— 人工智能 + 虛擬實景 > 虛擬實景 ( $p < 0.001$ )

# 現實環境中的表現

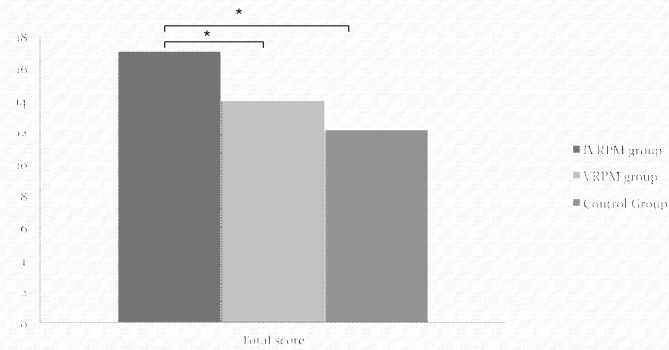


# 標準測驗 (standardized assessment) – 前瞻記憶



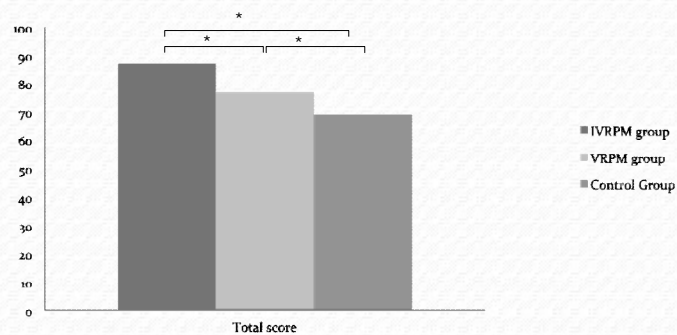
## 標準測驗 (standardized assessment) – 社區生活能力

Community integration questionnaire - CV



## 進行前瞻記憶任務的自信心

Self-efficacy questionnaire in performing everyday PM tasks



## 初步結果

- 人工智能+虛擬實景及虛擬景訓練均能有效提升後置記憶能力及相關認知功能
- 相同的訓練時間下，人工智能+虛擬實景訓練比單靠虛擬實景訓練
  - 更有效的訓練效果
  - 更有效轉化到現實環境
  - 提升自信心
  - 提升社區生活表現

## 科研商品化

- **2011年與香港理工大學合作推出首套虛擬實景訓練系統 (VRehab)**
- 包括兩個訓練單元
  - 社區生活技巧訓練
  - 金錢管理及購物訓練

# 社區生活技巧訓練

## — 訓練特色

- 使用行人過路設施、公共交通工具、手提電話及提款機
- 按需要調整訓練參數，如背景聲及車輛數量。
- 詳細的訓練紀錄，如時間、執行任務的準確度、行走距離、問路次數及危險行動次數等



# 金錢管理及購物訓練

## — 訓練特色

- 購物技巧及金錢管理訓練包括三個訓練進度：
  - 按照購物清單購物
  - 按照情景需要購物
  - 按照特定預算購買
- 傷病者需要了解情景需要、貨品用途／價格及預算控制等才能完成相關任務
- 系統除了能紀錄訓練時間及執行任務的準確度外，還可紀錄傷病者的錯誤模式，例如：數量、類別及繳費組合



## 應用例子二： 人工智能與多點觸控屏

讓多位病人的同時進行訓練

### 輕觸式螢幕



Picture from Lenovo



# 現時的訓練軟件大多只能 為一名病人進行訓練

如何把電腦輔助訓練引進小組中？

## 醫療服務的現況

- 認知功能訓練需要長時間進行
- 不論人手、場地或經濟效益都難以進行個別訓練
- 現有的認知功能訓練軟件都是以個別訓練（一人一機）為主
- 即使個別單位能安排多部電腦給數名病人同時使用，但也缺乏小組互動。

## 小組訓練的好處

- 組員間互相支持
- 分享感受
- 保持溝通能力及社交技巧
- 促進組員間學習
- 明瞭自己的困難並非自己獨有
- 治療師更有效運用時間
- 更多病者能參與訓練

## 如何把電腦輔助訓練引進小組中?

- 要進行多人訓練模式，需要借用近年推出的一項新技術
- 多點觸控輸入 (**multi-touch**)
- 現時很多電腦已加入多點觸控輸入功能
  - 一體式電腦 (**All-in-one**)
  - 手提電腦 (**tablet pc, netbook**)
  - 手提電話 (**smartphone, iphone**)
  - 其他 (**ipad, etc...**)

## 多點觸控輸入功能的應用

- 隨著多點觸控輸入技術趨向成熟
- 多點觸控輸入功能將會進入高速發展階段
- 成本亦會進一步下降
- 相關技術能應用於
  - 認知能訓練
  - 小肌肉訓練
  - 手眼協調訓練等..
- 但現在並沒有關於電腦輔助小組訓練的研究
- 成效有待証實

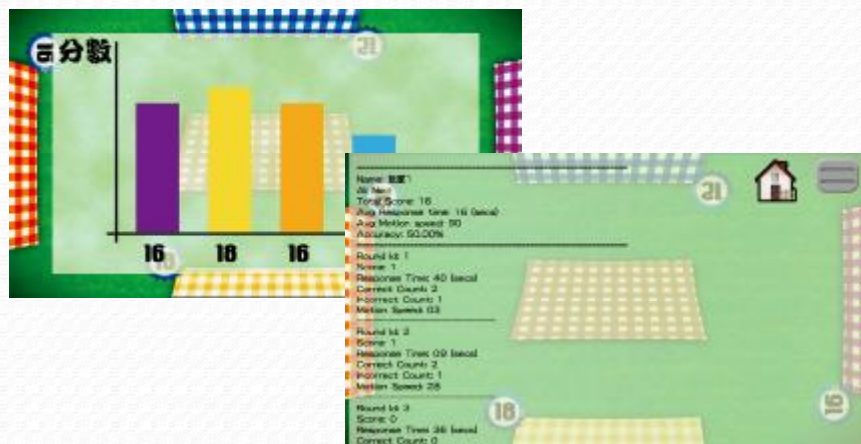
## 人工智能的應用

- 建立訓練軟體資料庫





## 同時收集多位參加者的表現



## 可調整難易度



- 人工智能協助選擇合適的訓練項目及難易度

## 小結

- 人工智能能協助治療師為病人選擇合適的治療方案
- 即使病人在家中，也能得到仿如治療師給予的意見
- 增加病人接受治療的機會
- 減少病人醫療開資
- 提高成本效益
- 但仍需更多科研以証實人工智能在不同病類的應用

謝謝

進一步資料可參考網頁：[www.c2i.com.hk](http://www.c2i.com.hk)


電郵：[benyip@c2i.com.hk](mailto:benyip@c2i.com.hk)

## References

- Bertella, L., Marchi, S., & Riva, G. (2001). Virtual environment for topographical orientation (VETO): Clinical rationale and technical characteristics. *Presence*, 10, 440 – 449.
- Cicerone, K.D., Dahlberg, C., Kalmar, K., Langenbahn, D.M., Malec, J.F., & Bergquist, T.F., et al. (2000). Evidence-based cognitive rehabilitation: recommendations for clinical practice. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81, 1596-1615.
- Cicerone, K.D., Dahlberg, C., Malec, J.F., Langenbahn, D.M., Felicetti, T., & Kneipp, S et al. (2005). Evidence-based cognitive rehabilitation : updated review of the literature from 1998 through 2002. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86, 1681 – 1692.
- Fleming, J.M., Shum, D., Strong, J. & Lightbody, S. (2005). Prospective memory rehabilitation for adult with traumatic brain injury: A compensatory training programme, *Brain Injury*, 19, 1 – 13.

- Gontkovsky, S. T., McDonald, N. B., Clark, P. G., & Ruwe, W. D. (2002). Current directions in computer-assisted cognitive rehabilitation. *NeuroRehabilitation, 17*, 195-199.
- Konar, A. (2000). Introduction to artificial intelligence and soft computing. In *Artificial intelligence and soft computing: behavior and cognitive modeling of the human brain*. Florida: CRC Press.
- Luger, G. F. (2005). AI: Early History and Application. In *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving* (5th ed., pp. 3-33). Edinburgh: Pearson Education Limited.
- Lynch, B. (2002). Historical review of computer-assisted cognitive retraining. *Journal of Head Trauma Rehabilitation, 17*, 446 – 457.
- McGeorge, P., Phillips, L.H., Crawford, J.R., Garden, S.E., Sala, S.D. & Mine, A.B. et al. (2001). Using virtual environment in the assessment of executive dysfunction. *Presence, 10*, 375 – 383

- Man, D.W.K. (1997). Rehabilitation of cognitive functioning of patients with traumatic brain injury. In C. L. W. Chan, & N. Rhind, N. (Eds.). *Social work intervention in health care: Hong Kong scene* (pp.235-255). Hong Kong: Hong Kong University Press.
- Rose, F.D., Attree, B.M., Brooks, B.M., & Johnson, D.A. (1998). Virtual environment in brain damage rehabilitation: a rationale from basic neuroscience. In G. Rive, B.K. Wiederhold, & E. Molinari, (Eds.). *Virtual environments in clinical psychology and neuroscience*. Amsterdam: Ios Press.
- Rose, F.D., Brooks, B.M., Attree, E.A., Parslow, D. M. Leadbetter, A.G., & McNeil, J.E., et al. (1999). A preliminary investigation into the use of virtual environments in memory retraining after vascular brain injury: indication for future strategy? *Disability and Rehabilitation, 21*, 548 – 554.
- Russell, S. & Norvig, P. (2003). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. (2nd ed.). New Jersey: Pearson Education, Inc.

- 
- Schalkoff, R. J. (1997). *Artificial Neural Networks*. New York: McGraw-Hill.
  - Servan-Schreiber, D., & Binik, Y.M. (1989). Extending the intelligent tutoring system paradigm: Sex therapy as intelligent tutoring. *Computer in human behavior*, 5, 241 – 259.
  - Tam, S. F., Man, W. K., Hui-Chan, C. W. Y., Lau, A., Yip, B., & Cheung, W. (2003). Evaluating the efficacy of tele-cognitive rehabilitation for functional performance in three case studies. *Occupational Therapy International*, 10, 20-38.
  - Tate, R.L. (1997). Beyond one-bun, two-show: recent advances in the psychological rehabilitation of memory disorders after acquired brain injury, *Brain injury*, 11, 907 – 918.
  - Wilson, B.A. (1997). Cognitive Rehabilitation: How it is and how it might be. *Journal of the international neuropsychological society*, 3, 487-496.
  - Zhang, L., Abreu, B.C., Seale, G.S., Masel, B., Christiansen, C.H., & Ottenbacher, K.J. (2003). A virtual reality environment for evaluation of a daily living skill in brain injury rehabilitation: Reliability and validity. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 84, 1118 – 24.