

# 虛擬現實技術在腦卒中步態康復應用

赫萬佳<sup>1</sup> 危昔均<sup>1,2</sup>

1. 阿凡達康復科技（深圳）有限公司
2. 南方醫科大學深圳醫院康混合現實康復實驗室

作者介紹：赫萬佳，物理治療師、博士； 危昔均，作業治療師、博士、博士後

腦卒中是成人殘疾最常見的原因之一，其患病率隨著人口老齡化而增加，約四成的患者在5年後未能恢復。大多數患者存在不同程度運動功能障礙，嚴重影響患者生活品質，也給家庭和社會帶來巨大經濟負擔<sup>[1-3]</sup>。腦卒中後下肢功能障礙往往影響患者生活品質，其中平衡障礙是腦卒中後最普遍的下肢運動功能障礙，而平衡功能差是導致跌倒風險增加的首要原因<sup>[4]</sup>，改善步態也成為腦卒中後康復的首要目標<sup>[5]</sup>。傳統的康復治療技術對於腦卒中病人步態康復效果有限，虛擬現實技術作為一種新的康復技術，開始運用於腦卒中病人康復治療中，步態異常是腦卒中後康復訓練的重點和難點，虛擬現實技術 (virtual reality, VR) 作為一種較新的康復訓練方法，在解決這一難題上發揮著它獨特的優勢。

## 1. 虛擬現實技術在腦卒中康復中應用

可視化虛擬康復療法由 Wann 和 Turnbull 於 1993 年首次提出<sup>[6]</sup>。相比於傳統的康復療法，VR 技術可以讓患者直觀地看到自己在執行的操作，通過身臨其境的虛擬環境體驗，加強對訓練動作的強化認知。VR 優越性主要體現在重複、回饋和動機三個關鍵環節上。重複是學習強化過程的必要手段，積極的回饋，包括 VR 技術中的激勵條件，可以給患者訓練體驗帶來正向的驅動力量，給患者更強烈的沉浸感。此外，明確的動機可以讓患者在長時間的訓練過程中，分化所要實現的目標，逐漸營造循序漸進的訓練程式。隨著虛擬現實技術的不斷發展，軟體及硬體的逐步完善，其越來越多地應用於醫療事業中。虛擬現實技術被引入腦卒中患者的評估及康復治療，開創了康復醫學治療的一個新時代。與傳統的康復方法相比，虛擬現實技術具有可以創造更真實的場景、可提供特定任務的重複訓練、有更強的參與感等優點<sup>[7-8]</sup>。虛擬現實在腦卒中康復中的應用主要包括腦卒中患者步態、上肢運動功能、平衡功能及認知功能的康復治療<sup>[9]</sup>。

## 2. 虛擬現實技術在步態康復中的應用

腦卒中偏癱患者步態異常，通常表現為步長縮短、不對稱，步速緩慢以及步頻減小。VR 能夠模擬現實環境，給患者提供一種行於真實世界的感覺，患者也能夠模擬步行於城市道路、公園以及商店等。目前研究表明，VR 在改善腦卒中患者步態方面有效<sup>[10-12]</sup>。與非 VR 行走干預相比，基於 VR 的訓練能將步行速度有統計學意義的提高，這證實 VR 相關步行訓練在增加腦卒中後的步行速度方面有顯著作用<sup>[13]</sup>。研究採用 VR 結合康復機器人對腦梗死患者進行步態功能訓練，訓練結束後 Fugl-Meyer 下肢運動功能評分顯示 VR 的患者的得分提高<sup>[14]</sup>。Shema 等<sup>[15]</sup>使用 VR 訓練患者，5 周後，患者 2min 步行測試以及四方步測試 (Four Square Step Test, FSST) 成績均有提高。陳佩順等<sup>[16]</sup>進行隨機對照試驗，治療組除給予常規康復訓練，還進行 VR 訓練，4 周後發現，結合 VR 訓練的患者運動能力、步行功能以及日常生活活動能力均比僅接受傳統訓練的患者有明顯改善。

## 2.1 基於 VR 的步態康復訓練

**VR 任務：**根據沉浸程度，有不同類型的虛擬環境<sup>[17]</sup>。第一類，非沉浸式 VR，由電腦生成投影在螢幕上或患者面前牆壁上的環境；第二類，半沉浸式 VR 或增強現實，將虛擬圖像疊加到真實圖像上，增加真實圖像的資訊內容；第三類，身臨其境的 VR，其中觀眾是環境的一部分。比如，頭戴式顯示器 (HMD)，這是一種帶有頭盔的設備，可在電腦內提供圖像，作為一種獨特的視覺刺激。

**訓練劑量：**大多數研究使用持續 40-60 分鐘的訓練時間，也一些研究採用了較短(20 分鐘)的訓練時間<sup>[18-21]</sup>。訓練頻率從每週 2-5 次不等，總訓練時長持續 2-8 周。因此，整個 VR 干預顯示出 2 到 22 小時之間的廣泛變化。典型的訓練劑量包括持續 40-60 分鐘的訓練，每週 3-5 次，持續 3-6 周。

**回饋：**除了從虛擬環境中感知到的明顯的內在視覺回饋外，在一些研究中還操縱了額外的內在聽覺、體感或本體感覺資訊。馮等人使用六自由度運動平臺來模擬虛擬環境中的斜坡，以傳遞與在傾斜表面上行走一致的本體感受資訊<sup>[22]</sup>。而 Deutsch 等人使用觸覺輸入來模擬湍流或碰撞感覺。這種多感官回饋可以作為任務內在學習的重要促進因素，同時增強與虛擬環境的參與<sup>[23]</sup>。

## 2.2 步態虛擬現實康復系統

羅格斯踝關節康復系統是具有 6 個自由度的斯圖爾特平臺力回饋康復系統<sup>[24]</sup>。這一系統由顯示器、感測器、電腦及控制器組成。患者通過在虛擬環境中飛行訓練下肢運動，以躲避各處出現的障礙物。設備可以減輕患肢運動時的負重，從而使患者更易



於適應訓練。患者踝關節運動的位置和方位由踝關節上的感測器感知，可以將踝關節運動信號傳遞給電腦，通過患者踝關節的運動而控制虛擬環境中物體的運動。系統中有力回饋裝置，它可以根據患者訓練時的用力情況提供相應的阻力或動力，協助患者更好地完成康復訓練。

主被動虛擬康復訓練系統可實現患者主動及被動的協同刺激<sup>[25]</sup>。虛擬現實系統給患者提供城市生活街道的虛擬場景，患者在虛擬環境中進行行走、與人交談等動作，通過感測器即時回饋患者的運動資訊。通過這個系統的訓練，能在患者康復的過程中形成資訊傳遞的封閉回路，從而完成對受損神經的主動被動協同刺激，能促進神經的重塑，以實現患者步態的康復。

運動平板訓練系統是一種把虛擬現實技術和減重平板步行訓練相結合的虛擬現實減重平衡訓練系統<sup>[26]</sup>。該系統由減重平板、大螢幕電視、電腦和感測器組成。減重平板提供重力補預防患者跌倒，可以承載 163 kg 體質量。大螢幕電視安裝在平板的前面以展示虛擬環境。。追蹤裝置可以監測患者是否維持正確姿勢，並進行即時回饋。當患者姿勢不正確時，會有聽覺回饋，提示患者糾正姿勢。治療師也可以及時發現患者步態的異常，並給予糾正，更好地促進患者步態的康復。Paolini 等把微軟的三維體感攝影機與虛擬現實運動平板系統相結合，可以在步態訓練時即時追蹤足部位置與方向，而不需要在腳上佩戴感測器<sup>[27]</sup>。

姿勢控制系統是基於虛擬現實的姿勢控制系統對患者進行康復訓練。此系統可以讓患者通過觀看他們即時運動的視覺回饋來進行姿勢控制。它由視覺回饋程式及頭盔顯示器組成，患者通過頭盔顯示器的輸出，可以觀看到他們的即時動作，從而可以及時調整姿勢。同時電腦端會記錄患者的姿勢數據，供康復治療師分析。研究證實腦卒中後遺症患者接受基於虛擬現實的姿勢控制訓練可以更好地提高步態能力。用即時資訊的虛擬現實姿勢控制訓練，是增加腦卒中後遺症患者步態控制的有效方法<sup>[28]</sup>。

### 3.展望

虛擬現實技術的出現和發展，為腦卒中患者的步態康復提供了全新的治療手段。它可以增加患者治療的積極性，根據患者的訓練情況提供即時的回饋，可根據患者的個人條件制定訓練任務，有著傳統的康復方法難以比擬的優勢。但是目前對於虛擬現實在步態康復中的研究還有很多需要解決的問題，虛擬現實技術患者入選條件、訓練的時間及強度、選擇何種虛擬現實模式等，都需要進一步的研究。虛擬現實步態康復訓練對患者腦功能重組的影響機制，也需要進一步採用分子生物學、生理學等方法進



行探討。患者康復的長期療效也需要進一步證實。虛擬現實步態康復技術的設備較昂貴，較難在臨床上廣泛推廣使用。研製出費用較低，體積小巧的虛擬現實步態康復系統，讓患者可以進行社區甚至家庭康復也是今後研究的方向。相信隨著科技發展，基於虛擬現實的步態康復訓練系統會更進一步完善，並且在腦卒中患者的康復治療過程中得到廣泛的應用。

## 參考文獻

- [1] Thrane G, Friberg O, Anke A, et al. A meta-analysis of constraint-induced movement therapy after stroke[J]. J Rehabil Med, 2014, 46(9): 833-842.
- [2] [2] 王隴德, 王金環, 彭斌, 等. 《中國腦卒中防治報告 2016》概要[J]. 中國腦血管病雜誌, 2017, 14(4): 217-224.
- [3] [3] Thrane G, Friberg O, Anke A, et al. A meta-analysis of constraint-induced movement therapy after stroke[J]. J Rehabil Med, 2014, 46(9): 833-842.
- [4] Nyberg L, Gustafson Y. Fall prediction index for patients in-stroke rehabilitation [J]. Stroke, 1997, 28(4): 716-721.
- [5] Mirelman A, Patrissi BL, Bonato P, et al. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke [J]. Gait Posture, 2016, 31(4): 433-437.
- [6] Wann JP, Turnbull JD. Motor skill learning in cerebral palsy: movement, action and computer-enhanced therapy[J]. Baillieres Clin Neurol, 1993, 2(1): 15-2
- [7] Luque MC, Oliva PV, Kiper P, et al. Virtual Reality to assess and treat lower extremity disorders in post-stroke patients [J]. Methods Inf Med, 2016, 55(1): 89-92
- [8] Kizony R, Levin MF, Hughey L, et al. Cognitive load and dual-task performance during locomotion poststroke: a feasibility study using a functional virtual environment [J]. Phys Ther, 2017, 90(2): 252-260.
- [9] Vinas DS, Sobrido PM. Virtual reality for therapeutic purposes in stroke: A systematic review [J]. Neurologia, 2015, 4853(15): 163-164.
- [10] Corbetta D, Imeri F, Gatti R. Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review [J]. J Physiother, 2015, 61(3): 117-124.
- [11] 肖湘, 毛玉瑤, 趙江莉, 等. 虛擬現實同步減重訓練腦梗死患者可改善下肢運動功能[J]. 中國組織工程研究, 2014, 18(7): 1143-1148.
- [12] 趙一瑾, 黃國志, 謝笑, 等. 虛擬現實技術對腦卒中患者偏癱步態訓練的臨床研究[J]. 中國康復醫學雜誌, 2014, 29(5): 442-445.
- [13] Rodrigues-Baroni JM, Nascimento LR, Ada L, et al. Walking training associated with virtual reality-based training increases walking speed of individuals with chronic stroke: systematic review with meta-analysis [J]. Braz J Phys Ther, 2014, 18(6): 502-512.
- [14] 趙雅寧, 楊芳, 郝正瑋, 等. 虛擬現實技術聯合康復機器人訓練對腦梗死偏癱患者運動功能及事件相關電位的影響研究[J]. 中國全科醫學, 2015, 18(24): 2907-2910.
- [15] Shema SR, Brozgov M, Dorfman M, et al. Clinical experience using a 5-week treadmill training program with virtual reality to enhance gait in an ambulatory physical therapy service [J]. Phys Ther, 2014, 94(9): 1319-1326.



- [16] 陳佩順, 黃臻, 李豪, 等. 虛擬現實技術結合活動平板訓練對腦卒中患者步行功能的影響[J]. 神經損傷與功能重建, 2015, 10(4): 360-361.
- [17] Keshner Emily A, Virtual reality and physical rehabilitation: a new toy or a new research and rehabilitation tool?[J]. J Neuroeng Rehabil, 2004, 1: 8.
- [18] Yang Saiwei, Hwang Wei-Hsung, Tsai Yi-Ching et al. Improving balance skills in patients who had stroke through virtual reality treadmill training [J]. Am J Phys Med Rehabil, 2011, 90: 969-78.
- [19] Yang Yea-Ru, Tsai Meng-Pin, Chuang Tien-Yow et al. Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: a randomized controlled trial [J]. Gait Posture, 2008, 28: 201-6.
- [20] Feasel J, Whitton MC, Kassler R, Brooks FP, Lewek MD. The integrated virtual environment rehabilitation treadmill system [J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 2011;19:290-7.
- [21] Lewek MD, Feasel J, Wentz E, Brooks FP, Whitton MC. Use of visual and proprioceptive feedback to improve gait speed and spatiotemporal symmetry following chronic stroke: A case series [J]. Phys Ther. 2012;92:748-56.
- [22] Fung Joyce, Richards Carol L, Malouin Francine et al. A treadmill and motion coupled virtual reality system for gait training post-stroke[J]. Cyberpsychol Behav, 2006, 9: 157-62.
- [23] Deutsch Judith E, Merians Alma S, Adamovich Serge et al. Development and application of virtual reality technology to improve hand use and gait of individuals post-stroke[J]. Restor Neurol Neurosci, 2004, 22: 371-86.
- [24] Mirelman A, Patrilli BL, Bonato P, et al. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke [J]. Gait Posture, 2010, 31(4): 433-437.
- [25] 郭曉輝, 王晶, 楊揚, 等. 基於虛擬現實的下肢主被動康復訓練系統的研究[J]. 西安交通大學學報, 2016, 50(2): 2-8.
- [26] Walker ML, Ringleb SI, Maihafer GC, et al. Virtual reality-enhanced partial body weight-supported treadmill training post-stroke: feasibility and effectiveness in 6 subjects [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2013, 91(1): 115-122.
- [27] Paolini G, Peruzzi A, Mirelman A, et al. Validation of a method for real time foot position and orientation tracking with Microsoft Kinect technology for use in virtual reality and treadmill based gait training programs [J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2014, 22(5): 997-1002.
- [28] Park YH, Lee CH, Lee BH. Clinical usefulness of the virtual reality-based postural control training on the gait ability in patients with stroke [J]. J Exerc Rehabil, 2013, 9(5): 489-494.

