

運動想像與動作觀察在認知康復的應用前景

劉雯鸞¹ 丁甯¹ 張翠翠¹ 王心雨¹ 董安琴^{2,3}

1 鄭州大學；2 鄭州大學第五附屬醫院；3 通訊作者

引言

認知缺陷是中樞神經疾病的一種常見症狀，多見於腦外傷、腦卒中和神經系統退行性病變等人群。認知缺陷不僅影響肢體運動功能康復的效果，而且是導致患者自我照顧及活動參與能力喪失的首要原因之一，給家庭和社會帶來沉重的負擔。因此，認知功能康復在神經康復領域十分重要[1]。運動想像一直被視為是認知運動過程的視窗，它並不是一種無模態和象徵性的行為，而是一種能啟動大腦感覺運動區域的行為。有研究證明，運動想像（Motor Imagery, MI）能導致與實際運動（執行）相同的大腦區域的啟動，它不會引起普遍的肌肉覺醒，而是啟動特定的大腦皮質[2]。動作觀察（Action Observation, AO）則是利用鏡像神經元系統來啟動運動共振機制發揮效應[3]，兩者之間既有區別也有聯繫。大量臨床研究證明 MI 和 AO 均可以啟動大腦皮層運動區的神經單位，對患者的運動行為與運動表現產生積極的、可持續性的療效[4]。然而，鮮有文獻研究 MI 與 AO 對中樞神經損傷所導致的認知功能障礙的臨床效果。本文將闡述 MI 和 AO 與認知功能康復的關聯，助讀者瞭解這兩種治療方法的作用機制，為認知康復提出一種全新的治療理念。

1 認知康復

1.1 認知

認知是指人腦接受外界資訊，經過加工處理，轉換成內在的心理活動，從而獲取知識或運用知識的過程。認知障礙涉及的範圍較廣，包括注意力、記憶力、理解力、計算力、解決問題能力等缺陷。

認知屬高級腦功能活動，與多個大腦皮層或區域存在聯繫。Fuster 等人發現前額葉與注意力的維持有關[5]。人類的前額葉皮層區域直到青春期才完全成熟，行為證據表明，這些區域對於後期發展的高級認知功能至關重要[6]。Filley 等人發現前額葉皮層在高階控制過程中發揮著重要作用，這些過程對認知和行為進行自上而下的調節[7]。Petrides 認為，前額葉皮質之間的結構差異，決定其細胞結構及其獨特的連接與其他大腦皮層和皮層下結構，表明該領域涉及不同方面的高級認知過程和行為控制的功能[8]。

一些研究強調，通過刺激皮質，與皮質活動相互作用，可以積極影響神經系統患者的認知能力，提高康復潛力。多項研究表明，通過皮層刺激與皮層活動相互作用，可對失語症、單側忽略等認知障礙患者的認知表現產生積極影響[1]。

1.2 皮層刺激法

皮層刺激療法在認知障礙康復領域具有循證依據的 I 級推薦的治療技術，最具有代表性的經顱磁刺激與經顱直流電刺激。

1.2.1 經顱磁刺激

經顱磁刺激 (transcranial magnetic stimulation, TMS) 是一種利用磁場在大腦底層誘導電流的技術，可以與正在進行的神經組織活動相互作用。重複的刺激 (repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)，提供了電流與皮質活動有效互動的機會，故常被用來治療認知功能障礙[1]。

有研究表明，學習過程中應用 rTMS 可以對刺激結束後的神經有持續的促進作用[9]。一項初次使用單脈衝經顱磁刺激的研究發現，右腦損傷患者在執行觸覺檢測任務的表現有所改善；且在刺激頂葉皮層後，健康受試者的視覺注意力也得到了增強[10]。Brighina 曾使用低頻 rTMS 治療 3 單側忽略患者，在刺激前 15 天、刺激前、刺激結束時和刺激結束後 15 天進行功能測試，結果顯示，rTMS 誘導的視覺空間性能得到顯著改善，且療效持續了 15 天[11]。此外，rTMS 對伴有輕度執行功能障礙的腦卒中患者的執行功能也有積極的影響。在左側前額葉皮層或左側運動皮層採用高頻 rTMS，患者參加兩次刺激療程 (第 1 天和第 4 天)。在每個療程前後進行簡短的神經心理測試以及評估運動速度、執行能力和記憶力，結果顯示患者的記憶力與動作執行能力顯著改善[12]。

1.2.2 經顱直流電刺激

經顱直流電刺激 (Transcranial direct-current stimulation, tDCS)，它是一種利用弱恒定電流以無創、無痛方式刺激大腦皮層的康復治療技術。電流從一個活躍電極流向一個參考電極，一部分被分流通過頭皮，其餘被傳送到腦組織，從而誘導皮層興奮性的減弱或增強[13]。與 rTMS 相比，tDCS 具有簡單、價廉、無痛且允許對大腦的不同部位產生相反方向誘導效應的優點[14]。tDCS 可以與常規認知訓練同時進行，由於其很少引起頭皮不適感，因此不會影響患者的注意力。tDCS 的主要局限性是刺激的焦點小，通常採用較大的電極 (20-35cm²) 在頭皮上傳遞電流，故其在定位局部區域、準確繪製認知功能圖方面不太理想[15]。

tDCS 可以通過調節潛在的 theta 和 alpha 頻段的大腦振盪活動來改變工作記憶。

大腦振盪活動的變化在感知和記憶的形成中發揮重要作用，因此對高級認知功能至關重要。在陽極 tDCS 治療後，工作記憶性能提高，theta 和 alpha 波段的振盪功率放大；而陰極 tDCS 干擾工作記憶性能，降低後電極側的 theta 和 alpha 波段的振盪功率[13]。Monti 等人報導 tDCS 對腦卒中後慢性失語患者的影響，對非流利失語症患者左側額顳葉皮質進行陽極刺激，可使患者正確命名物體圖像的能力提高 34%（陰性刺激和假刺激均無效果）[16]。同一組學者還研究了 tDCS 對阿爾茲海默症（Alzheimer's disease, AD）患者的影響，結果顯示顳頂區無嗅型 tDCS 治療後，單詞識別記憶任務的準確性提高；而陰極 tDCS 後，準確性降低，結論是顳頂區 tDCS 可特異性地影響 AD 患者的單詞識別記憶表現[17]。

2 運動想像

運動想像（Motor Imagery, MI）是指在沒有任何明顯的運動或沒有任何鄰近肌肉啟動的情況下對運動進行的心理執行[2]。MI 是一種認知過程，在這個過程中，受試者想像自己在執行一個動作，但實際上並沒有執行這個動作，甚至沒有肌肉收縮。並且它是一種動態狀態，在這個動態狀態中，具體的運動動作的表現是內部啟動，卻沒有任何運動輸出。也就是說，運動想像需要有意識地啟動同樣參與運動準備和執行的大腦皮層區域，包括初級運動區（M1）運動前皮質腹背部（PMC）、輔助運動區（SMA）、前扣帶回（ACC）、頂上小葉（SPL）和頂下小葉（IPL）、楔前、基底節（BG）和小腦等，同時伴有對實際運動的自主抑制[18]。運動想像啟動的運動區域與動作的執行和觀察高度重疊，共同啟動前額葉皮質區，除了在神經啟動方面的重疊外，在行為領域也有相似之處。例如，完成一個想像動作所需的時間與實際執行該動作所需的時間是相似的，這被稱為心理等時現象[19]。

運動想像可以分為兩種，一種是動覺運動想像（內部），另一種是視覺運動想像（外部）。用來想像的視角可以是第一人稱，也可以是第三人稱。在動覺運動想像過程中，受試者會有這樣一種感覺，即他或她實際上是在執行這個動作，並伴隨所有的感官結果（第一人稱視角）。在視覺運動想像中，受試者看到他或她自己從遠處（第三人稱視角）執行這個動作。第一視角與左頂下小葉和左軀體感覺皮層的活動增強有關，而第三人稱視角則啟動了右頂下小葉、後扣帶和額極皮層[20]。第一人稱和第三人稱視角之間的區別，被描述為內部想像和外部想像之間的區別[21]。在內部想像中，受試者以這樣一種方式接近真實的生活情境，使受試者實際體驗到在那個情境中可能預期到的感覺，是動態的。而在進行外部想像時，受試者把自己看成是在觀察另一個人的動作，是靜態的。研究結

果表明，動覺運動想像比視覺運動想像對學習更有效[21]。

3 動作觀察

動作觀察 (Action Observation, AO) 也是一個認知過程，通過觀察他人的行為，可以理解、選擇和模仿行為的形式和動作[22]。觀察他人的動作可以啟動大腦中用於實際執行相同動作的相同神經結構，動作觀察的神經生理學基礎主要為鏡像神經元系統 (mirror-neuron system, MNS)，最初是在猴子的大腦被發現的[23]。後來利用 TMS 和功能核磁成像 (fMRI) 的證據表明，人類大腦中也存在 MNS[24]。Fadiga 等人在一項經顱磁刺激研究中首次證明了人體記憶體在 MNS，該研究表明，對運動的觀察可引起運動易化[25]，且有另一項研究證明運動易化只發生在運動觀察的過程中[26]。

動作觀察在運動再學習過程中發揮重要作用。動作觀察不僅可以促進運動系統的啟動，而且對一個運動(或動作)的觀察可以促進該動作的運動執行。Urgesi 等人發現動作觀察的學習效果，已經在體育運動和其他活動中得到證實[26]。在運動觀察的過程中，相關的動作可以啟動腦區的 MNS 並由鏡像神經元發射信號到的運動系統中形成“共振”，這種運動的共振可以通過對運動通路的促進作用來促進觀察者理解動作行為主體的意圖 (目標) 的過程，此過程可以促進運動技能的學習和獲得[26]。

4 鏡像神經元系統

動作觀察和運動想像是基於鏡像神經元系統的康復治療方法，在神經康復中有重要的潛在價值。鏡像神經元最早提出源於 1996 年 Rizzolatti 等人在用鎢電極記錄猴子在執行從桌子上擺放或拿取物體，從實驗者手裡拿取食物，操縱物體等動作時運動前皮層 (F5 區) 單神經元放電情況。研究發現猴子在觀察實驗者執行相同動作時，一些特殊神經元同樣被啟動，這類神經元能像鏡子一樣映射其他同類的動作，因而稱之為鏡像神經元 (mirror neurons) [23]。這些具有鏡像性質的神經元組成了鏡像神經元系統 (MNS)。大量實驗表明，人腦中主要存在兩個鏡像網路，分別稱為頂額鏡像系統和邊緣鏡像系統，前者由 Broca 區、前運動皮層腹側 (PMv)、中央前回下部、額下回後部 (IFG) 及頂下小葉 (IPL) 嘴側等構成，後者由腦島、杏仁核、前額葉皮層等構成[27]。由於鏡像神經元系統不僅在個體執行動作時興奮，而且在觀察其他同類執行相同或相似的動作時也興奮。

基於鏡像神經元系統的神經生理學特點，可能對運動功能康復具有很大的應用價值，因而 Pomeroy 等人認為鏡像神經元系統可能對提高腦卒中後患側上肢功能的恢復有重要影響[28]。Garrison 等提出基於鏡像神經元的腦卒中康復方法，如動作觀察療法、運動想像療法，可以作為物理治療的補充，有助於腦卒中後缺損的運動功能重建[29]。

Small 等人證實了鏡像神經元系統在動作理解和模仿中的作用，包括手部運動和言語表達，建議使用動作觀察和模仿作為卒中後上肢運動障礙及失語症患者的康復訓練方法[30]。

儘管動作觀察與運動想像已被證實能夠有效促進中樞神經損傷患者的肢體運動功能的恢復，但是人們卻很少將這兩種治療技術應用於認知障礙康復領域。那麼，AO 與 MI 兩種技術與認知功能是否存在關聯呢？

5 運動想像與認知

為了闡明運動想像是否可以增強認知功能和相關的大腦活動，Moriya 等人使用近紅外線評估了正常人在執行工作記憶期間，運動想像對工作記憶性能和前額葉皮質的影響[31]。實驗組受試者進行 3 次為期 3 分鐘的運動想像訓練，結果顯示，與對照組相比，運動想像顯著增強了運動記憶任務所誘導的前額葉皮質區的啟動範圍與強度；行為學分析也表明，運動想像改善了受試者工作記憶任務的行為表現；在運動想像訓練結束後，受試者的反應更快。而對照組的行為學表現和前額葉皮質區的啟動程度並沒有明顯改變。這些發現表明，運動想像可以通過增加與工作記憶表現相關的前額葉皮質區活性，進而改善正常成年人的認知水準[31]。

運動想像已被證明啟動了各種與運動相關的大腦皮質（例如 M1 區），Naito 等人提出被啟動的皮質運動區可能與記憶提取的過程有關[32]。有神經成像結果表明，記憶恢復可能依賴於運動皮質的重新啟動[33]。Dietrich 的研究認為運動想像可以啟動前額葉皮質[34]，而前額葉皮質一直被認為是和記憶有關的。由此可以推斷出，運動想像是可以改善人類工作記憶的。此外，使用神經成像技術的研究發現，運動想像改善記憶力的效果比視覺想像更佳[35]。

6 動作觀察與認知

人類的額葉和頂葉背側形成了一個對環境資訊和感覺選擇至關重要的大腦網路結構，前額葉背外側皮質是動作策劃的工作記憶組成的重要皮層區域，在維持和處理記憶內容方面起著至關重要的作用，具有保持工作記憶中的行為目標不受外界資訊的干擾的作用[36]；而頂後葉具有編碼、增強注意力、接收任務相關資訊等功能。研究發現，動作觀察可以啟動前運動皮質腹側和背側、頂上小葉、頂下小葉、顳上溝和前額葉背外側，進而改善患者的認知功能，以上結構也被稱為運動觀察網路。而前運動皮質腹側、頂下小葉與顳上溝則被確定為鏡像神經元系統。研究表明，動作觀察是基於一種運動共振機制，即當受試者觀察到他人的動作執行時鏡像神經元就會放電，並且

相較於運動執行，運動觀察時人類的額葉鏡像系統會優先被啟動，這也表明，鏡像神經元傾向於目標動作的編碼[36]。

Ptak 等人記錄了一位元女性患者因車禍致右側背外側額葉損傷，出現記憶的維持和處理紊亂，語義表達障礙等認知功能障礙的個案[37]。研究證實，給予背外側前額葉皮層 rTMS 或 tDCS 治療均可以改善患者認知功能，尤其是工作記憶的表現[38]。一項探索 AO 對帕金森患者認知障礙影響的研究表明，AO 干預後，患者的短期和長期言語記憶、長期視覺空間記憶和注意力都有顯著的改善[39]。

運動想像誘發了認知活動的增加，但動作觀察訓練比運動想像引發了更高水準的認知活動。當動作觀察過程中給出的刺激資訊被處理時，全部大腦區域均會產生活動。眾所周知，動作觀察比運動想像更能啟動大腦皮層，因為它涉及到多感覺系統的直接活動，並對給定任務形成清晰的運動表徵[40]。因此，動作觀察和運動想像對認知功能的影響可能是通過持續刺激鏡像神經元來提高工作記憶和注意力的維持，在改善運動學習和運動表現康復過程中，MI 和 AO 都會觸發神經認知機制的啟動，且提高神經通路的可塑性調節。

7 結論

儘管有幾個臨床研究支持 AO 和 MI 對認知障礙的療效，但是由於這些研究存在樣本量少、缺乏常規對照、評估方法各異、研究物件不同等不足之處，故目前對於 AO 和 MI 對認知功能的療效仍缺乏有力的循證醫學證據。然而，MI 或 AO 被認為是一種具有潛力的康復干預手段，其在認知功能康復領域的應用必將具有廣闊的前景。

參考文獻(略)

