

中風病患機器輔助治療療效之文獻回顧

楊婕凌¹ 林克忠² 陳香瑜¹ 陳慧瑜¹ 趙培均¹ 林伯偉¹ 吳菁宜¹

目的：輔助治療之機器大量發展，其優點為可提供高強度、重複性和任務專一性的治療，可適用之中風病患族群較廣，並可節省醫療人力。機器輔助治療是指將病患肢體置於機器上，並藉由機器提供訓練。機器輔助治療已有多份實證文獻證明其療效，目前已有針對機器輔助治療的系統性回顧與後設分析於 2008 年發表，但由於近兩年來機器輔助治療相關研究眾多，本篇將加上 2006 到 2009 年之機器輔助治療文獻進行統整，以供臨床與研究之參考。**方法：**經由 PubMed、Medline、Scopus 之文獻搜尋引擎，鍵入關鍵字：robotic training/robot assisted training, stroke/hemiplegic, rehabilitation，以機器輔助治療為偏癱上肢介入方案為篩選條件，至 2009 年 3 月為止，共有 42 篇相關文獻。**結果：**治療介入根據機器種類不同而異，包括依訓練肢體數目（單側訓練、雙側訓練、結合單側和雙側訓練）、訓練部位（手指、手腕、肩肘、結合肩肘和手腕部份訓練）、病患主動參與程度（主動、被動、結合主動和被動訓練）、機器結合感覺輸入之不同治療種類（結合以視覺為基礎的感覺輸入、結合肌肉電刺激訓練）等分類。機器輔助治療對個案特質和不同訓練模式間有療效的差異，對於中重度動作受損病患可改善其身體結構，包括動作損傷、動作功能、動作表現、肌力和肌肉活性，療效可維持至 3~4 個月，但在活動層級中療效則不一定。**結論：**機器輔助治療為中風患者有效復健方案之一，其不同訓練模式可適用於不同特質的病患，促進其身體結構之改善，並具有成本效益。未來建議可透過更嚴謹的實驗設計，或將之結合其他復健手法，並探討不同特質個案之適用性，以作為臨床應用之參考。（台灣職能治療研究與實務 2009 5(2): 128-144）

關鍵詞：機器輔助治療，中風，半側偏癱，上肢復健

前 言

中風為成人失能的主要原因之一，共有 30% 到 66% 慢性中風病患患側手失去功能，進而嚴重影響到病患之日常生活功能和生活品質。為了改善病患上肢失能情形，目前已發展出各種密集性復健治療，其中包括侷限誘發運動療法和任務導向治療，已有廣泛性實證研究證明其療效 (Bayona, Bitensky, Salter, & Teasell, 2005; Bonaiuti, Rebasti, & Sioli, 2007)。此兩種手法使用功能性任務訓練病人，較適合動作受損程度較

輕之病患，如患側手指及手腕有主動動作者；在治療時需治療師一對一的治療模式，耗費較多醫療人力。

近來發展出機器輔助治療，將病患之肢體置於機器裝置上，藉由所提供之訓練達到治療的效果，此治療可彌補侷限誘發運動療法之限制，亦即可節省醫療人力，具有成本效益。其優點為可提供高強度、重複性、任務專一性的治療，且其多樣性的治療模式，可適用於低到高功能病患，應用之族群較廣，也能提升病患的動機和治療的趣味。

長庚大學職能治療學系¹ 國立臺灣大學醫學院職能治療學系²

通訊作者地址：吳菁宜，桃園縣龜山鄉文化一路 259 號長庚大學職能治療學系。電話：03-2118800 分機 5761；傳真：03-2118800 分機 3163；電子信箱：cywu@mail.cgu.edu.tw

Kwakkel, Kollen, & Krebs (2008)針對機器輔助治療進行系統性回顧與後設分析(Kwakkel et al., 2008)，共統整出 10 篇機器輔助治療之效應值及信賴區間。由於近兩年來機器輔助治療相關研究眾多，Kwakkel 等(2008)僅搜尋至 2006 年之文獻，故本篇將加上 2006 到 2009 年之機器輔助治療文獻，闡述機器輔助治療之理論機制及歸納分析臨床試驗研究。

機器輔助治療之理論機制

根據動作學習理論，重複並大量練習特定的動作或任務可改善動作技巧，促進動作之再學習。機器輔助治療可給予病患大量的動作技巧練習，藉由簡單、重複、刻板的動作和本體感覺回饋，將每次動作過程中運動學參數及感覺回饋形成短期記憶，儲存在動作皮質中。如此反覆進行練習並將動作知識儲存的過程，可形成動作技巧並促進感覺動作的再學習。

機器輔助治療所提供之密集性復健治療可重塑動作皮質，即使用性的腦重塑(use-dependent plasticity)。根據海伯法(Hebbian rule)，腦重塑指誘發突觸前與突觸後(postsynaptic)的神經元同時興奮，來增強突觸間連結(Boroojerdi, Battaglia, Muellbacher, & Cohen, 2001)。中樞神經以兩種方式產生塑性：(a)依賴既存突觸之活化，包括突觸後長時間增強(long-term potentiation)、突觸後長時間抑制(long-term depression)和突觸後興奮性改變。(b)突觸型態與塑性的改變，包括樹突分支增加、增加軸突橫向網絡之數目和產生新的突觸連結。功能性磁共振造影顯示，經由專一性的動作經驗的學習後，運動皮質的活化模式會改變。此外，重複、密集的練習可讓其動作相關之神經網絡持續活化，加強患側動作功能的恢復，防止已習得之動作技巧消失(Schaechter, 2004)。

方 法

經由 PubMed、Medline、Scopus 等文獻搜尋引擎，關鍵字為：robotic training/robot assisted

training、stroke/hemiplegic、rehabilitation，篩選條件為研究中(1)受試者為中風病患，(2)以機器輔助治療為上肢介入方案，搜尋文獻年代為 2000 年至 2009 年 3 月。本篇由五位作者分別摘錄各篇研究中的實驗設計、受試者人數與特徵、機器裝置名稱、治療介入及療效評量工具和結果。

結 果

研究設計

共有 42 篇研究，包括個案研究 2 篇、單一受試者研究設計 1 篇、前實驗設計 15 篇、準實驗設計 12 篇及真實驗設計 12 篇，在真實驗設計與準實驗設計中，各組受試者人數多在 4 到 20 人，僅有一篇皆大於 20 人，涵蓋年代至 2000 年 5 月至 2009 年。研究設計、機器種類、證據力層級與療效分析統整於表 1。

機器輔助治療與傳統治療之比較共六篇，包含真實驗設計五篇和準實驗設計一篇；機器輔助治療與治療師執行伸臂訓練之比較共三篇；機器輔助治療與機器暴露治療（患側手置於機器上，以好手協助患手動作）之比較共三篇，皆為真實驗設計；機器輔助治療與肌肉電刺激治療之比較共一篇，為真實驗單盲設計；單一組個案接受機器輔助治療前後測之療效研究共有十八篇，包括個案研究兩篇、單一受試者設計一篇、前實驗設計十五篇；不同特質個案接受同種機器輔助治療之比較共四篇，皆為準實驗設計；同種機器不同治療模式間之比較共九篇，包含真實驗設計三篇和準實驗設計六篇。

受試者

共有 1090 個受試者參與研究，樣本數範圍最少 2 人，最多 56 人。受試者慢性到急性個案皆有，年齡平均在 60 至 70 歲之間。動作損傷程度中度至嚴重者居多，治療期間受試者流失很少。依據各種機器提供之治療模式不同而有不同之動作功能要求。動作要求包含以下評估量表：

表 1. 研究設計、機器種類、證據力層級與療效

第一作者 (年代)	參與者人數	中風時間／收案標準	機器 (單／雙側)	證據力層級	療效評量結果
機器輔助治療與傳統治療(conventional therapy, CT)療效比較 (RAT vs. CT) *實驗組較佳					
Burgar(2000)	實驗組：11 控制組：10	慢性／中風個案半側偏癱	MIME (單側)	II B 2 b	FM(Sh/EI *, W/H), strength (shoulder) *, Barthel ADL, FIM
Lum(2006)	實驗組 A (單側組)：9 實驗組 B (雙側組)：5 實驗組 C (單側＋雙側組)：10 控制組：6	亞急性／中風個案半側偏癱、無關節痛和 ROM 受限	MIME (單側／雙側)	II B 2 b	FM(proximal, distal) ^C *, MSS ^C *, MP (motor power), FIM ^C * C 組與控制組達顯著差異，實驗組 C 較佳
Lum(2002)	實驗組：13 控制組：14	慢性／中風個案半側偏癱、患肢無 ROM 限制	MIME (單側／雙側)	I B 1 b	FM *, strength *, reaching kinematics *, Barthel Index, FIM *
Volpe(2008)	實驗組：11 控制組：10	慢性／F-M Sh/EI<33、無感覺及視覺上的損傷	Inmotion2 (單側)	I B 1 b	FM(Sh/EI *, W/H), MP, ARAT(Action Research Arm Test), SIS(Stroke Impact Scale)
Volpe(2005)	實驗組：17 控制組：15	急性／MP<3、FM S/ E<20、無攣縮現象	CPM (單側)	I B 1 c	FM S/E *, pain、Ashworth score, MSS S/ E *, MP *, joint stability *, FIM
Fazekas (2007)	實驗組：15 控制組：15	慢性／中風病人半側偏癱	REHAROB Therapeutic System (單側)	II B 1 b	FM(Sh/EI) *, MAS (shoulder adductors & elbow flexors) *, AROM(elbow flexion) *, RMA(arm), FIM(self-care)
機器輔助治療與治療師執行伸臂訓練之比較 (RAT vs. unassisted, unrestrained reaching exercises) *實驗組較佳					
Kahn(2001a)	實驗組：6 控制組：4	慢性／中風個案半側偏癱	ARM Guide (單側)	IV B 3 c	Chedoke-McMaster scale
Kahn(2001b)	實驗組：7 控制組：7	慢性／中風個案半側偏癱	ARM Guide (單側)	II B 3 c	Reaching range, straightness, smoothness *, Functional test of the Upper Extremity
Kahn (2006)	實驗組：10 控制組：9	慢性／CM stroke scale: 2	ARM Guide (單側)	I B 1 a	Rancho Los Functional Test of Upper Function, Chedoke- McMaster(CM), Free reaching analysis
機器輔助治療與機器暴露治療之比較(RAT vs. robot exposure) *實驗組較佳					
Volpe(2000)	實驗組：30 控制組：26	急性／中風個案半側偏癱	MIT-MANUS (單側)	I A 1 a	FM (Sh/EI、W/H), MSS (SE *, WH), MP *, FIM
Masiero (2007)	實驗組：17 控制組：18	急性／中風個案半側偏癱、無嚴重痙攣現象	NeReBot Device (單側)	I B 1 a	FM(proximal) *, MRC(deltoid & biceps) *, MAS, TCT(the Trunk Control Test) , FIM (motor, instrument) *

(Table 1. continued)

表 1. 研究設計、機器種類、證據力層級與療效

第一作者 (年代)	參與者人數	中風時間/收案標準	機器 (單/雙側)	證據力層級	療效評量結果
Rosati (2007)	實驗組：12 控制組：12	急性/中風個案半側偏癱	NeReBot Device (單側)	IB 1 b	FM(Sh/EI) *, MSS *, MRC *, FIM (motor) *
機器輔助治療與肌肉電刺激(Electrical stimulation, ES)治療之比較(RAT vs. ES) * RAT 組較佳					
Hesse (2005)	RAT 組：19 ES 組：20	亞急性/FM<18、中度以下的 spasticity	Bi-Manu-Track (雙側)	IB 3 b	FMA *, MAS, MRC *
單一組個案接受機器輔助治療前後測之療效研究(RAT) * 前後測達顯著差異 + 後測進步 (未使用統計分析)					
Daly(2005)	RAT 組：6 FNS 組：6 (肌肉電刺激)	慢性/手腕伸肌要能收縮 (Grade1)、FM>10	Inmotion2 (單側)	III B 3 b	FM, Arm Motor Ability Test (AMAT-S/E *, W/H), target accuracy *, smoothness *
Fasoli(2004)	42	慢性/中風個案半側偏癱、肩膀與手肘 MRC 2	Inmotion2 (單側)	III A 3 b	FM *, MSS *, MRC *
Krebs(2004)	10	慢性/MPS $\geq$ 1/5 或<4/5、患肢 ROM 未受限	MIT-MANUS (單側)	IV B 3b	FM *, MAS *, MP *, MSS *
Hesse(2007a)	2	亞急性/FM<18、MRC 0 or 1	REHA-SLIDE (雙側)	NA 3 c	FM *, MRC, MAS *
Volpe(2005)	3	慢性/中風個案半側偏癱	CPM(wrist) (單側)	IV B 3 c	FM W/H +, MP W/H, MSS W/H +, grip strength +, pinch strength +
Hesse(2003)	12	慢性/動作受損程度嚴重、無嚴重痙攣	Bi-manual Track (雙側)	III B 3 b	MAS *, RMA(the Rivermead Motor Assessment) +
Sanchez(2006)	5	慢性/FM<56	WREX (單側)	III B 3 b	FM * B&B(Box and Block Test) 、Rancho Functional Test
Patel(2006)	19	急性/MAS(shoulder)<4	MIME (單側)	III B 3 b	Hmax(Hoffmann reflex), Mmax(motor response), Hmax/Mmax ratio
Song(2006)	3	慢性/中風個案半側偏癱	myoelectrically controlled robotic system (單側)	IV B 3 b	RMSE(root mean square error) *, MIVE (maximum isometric voluntary extension) *, MIVF(maximum isometric voluntary flexion) torques *
Hu (2006)	4	慢性/中風個案半側偏癱	motor-sensor system (單側)	III B 3 b	FM +, MAS +, EMG cocontraction index +

(Table 1. continued)

表 1. 研究設計、機器種類、證據力層級與療效

第一作者 (年代)	參與者人數	中風時間/收案標準	機器 (單/雙側)	證據力層級	療效評量結果
Chang (2007)	20	慢性/6<FM<55、患肢 推拉力氣>0.98N	BFIAMT (雙側)	III B 3 b	FM *, MAS, FAT(Frenchay arm test), Grip *, push *, pull *, strength
Stein (2007)	6	慢性/上肢無力與失去動作控制	active joint brace (單側)	III B 3 b	FM *, MAS *
Hesse (2007b)	10	亞急性/FM-upper limb <18、MRC=0 or 1	Bi-manual Track (雙側)	IV B 3 b	FM +, MRC +
Hu (2008)	15	慢性/中風個案半側偏癱	Motor-sensor system (單側)	III B 3 b	FM(S/E, *, W/H *), MAS *, ARAT *, RMSE *, FIM
Colombo (2005)	16	慢性/輕度至中度動作損傷個案	One-DoF wrist & Two-DoF elbow-shoulder manipulator (單側)	III B 3 c	FM *, MSS *, MRC *, MP, ROM *, robot score *, performance index *, MV(mean velocity) *, AMI(active movement index) *
Coote (2008)	20	慢性/中風個案半側偏癱	GENTLE/s system (單側)	I B 1 b	FM *, MAS *
Casadio (2009)	10	慢性/中風個案半側偏癱	Braccio di Ferro (單側)	III B 3 b	FM *, MAS, reaching kinematics *
Song (2008)	8	慢性/中風個案半側偏癱	myoelectrically controlled robotic system (單側)	III B 3 b	FM(S/E) *, MAS *, MSS *, RMSE(root mean squared error) *, MIVF *, MIVE *
不同特質個案療效比較 ^A A 組前後測有顯著差異 ^B B 組前後測有顯著差異 ^{A*} *兩組有顯著差異, A 組較佳					
Colombo(2008)	A (急性、亞急性組) : 9 B (慢性組) : 13	急性/肩部和手肘關節活動度>10 度	MEMOS (單側)	II B 2 b	FM ^{AB} , MSS ^{AB} , MPS ^{AB} , AMI ^{AB} (動作效 力)、MD ^B (動作精確度), nPL ^A (動作 效率), 平滑度 ^A , 速度 ^{AB} , 力量控制
Lum (2004)	A (high level 組) : 6 B (low level 組) : 7	慢性/中風個案半側偏癱	MIME (單側)	II B 3 b	FM, 速度 ^A , 幅度 ^A , EMG, FIM
Volpe(2005)	A (Moderate 組) : 14 B (Severe 組) : 22	慢性/中風個案半側偏癱、無攣縮現象	CPM (單側)	II B 3 c	FM ^{AB} , MSS ^{AB}
Ferraro(2003)	A (中度損傷組) : 13 B (重度損傷組) : 17	慢性/中風個案半側偏癱	MIT-MINUS (單側)	II B 2 b	FM(S/E ^A *, H/W), MAS, MSS(S/E ^A *, W/ H), MPS S/E, FIM ^A

(Table 1. continued)

表 1. 研究設計、機器種類、證據力層級與療效

第一作者 (年代)	參與者人數	中風時間/收案標準	機器 (單/雙側)	證據力層級	療效評量結果
同種機器不同治療模式間之比較 ^A A 組前後測有顯著差異 ^B B 組前後測有顯著差異 ^{A*} 兩組有顯著差異 ^{A+} A 組較佳 ^{A+B+}					
Krebs (2007)	A (手腕→肩肘訓練組) : 17 B (肩肘→手腕訓練組) : 19	慢性 / MPS ≥ 1/5 或 < 4/5	MIT-MANUS (單側)	IV B 3 b	FM、MAS ^{A+B+}
Fasoli (2003)	A (無阻力組) : 13 B (阻力組) : 7	慢性 / 肩膀與手肘 MRC : 2	MIT-MANUS (單側)	II B 2 a	FM ^{AB} , MAS, MSS ^{B*} , MRC ^{AB}
Takahashi (2008)	A (主動協助→主動阻力組) : 7 B (主動阻力→主動協助組) : 6	慢性 / 右手食指 MCP ROM > 10 度、FM 2-20 分、9-HPT 比好手 > 25% (單側)	Hand Wrist Assistive Rehabilitation Device	II B 2 b	FM A*, Action Research Arm Test ^{A*} , B&B ^{AB} , EMG ^{AB} , fMRI ^{AB}
Stein (2004)	A (漸進式阻力組) : 9 B (漸進式阻力機器訓練→主動協助機器訓練組) : 9 C (主動協助機器訓練→漸進式阻力機器訓練) : 5 D (主動協助機器訓練) : 5	慢性 / MRC : 2-4	InMotion2 (單側)	II B 3 b	FM ^{ABCD} , MAS, MSS, MRC ^{ABCD}
Patton (2006a)	A (有阻力組) : 12 B (無阻力組) : 9	慢性 / 中風病人半側偏癱	2 degree-of-freedom DOF robot (單側)	I B 1 b	FM, 適應能力(adaptation capacity) ^{A*}
Patton (2006b)	A (有阻力組) 18 B (無阻力組) 9	慢性 / Chedoke Stage of Arm 2、MAS(elbow) 0、 FM 130	2 degree-of-freedom DOF robot (單側)	II B 3 b	適應能力(adaptation capacity) ^{A+}
Krebs (2008)	A (伸臂動作組) : 32 B (結合功能性任務組) : 15	慢性 / MRC : 1 < muscle power < 4	InMotion 2 (單側)	II B 3 b	FM(S/E ^{A*} , W/H ^{B*})
Barker (2008)	A (RAT+EMG-stim 組) : 10 B : 13(RAT)	慢性 / MRC 1-3、elbow contracture < 15°	SMART Arm (單側)	I B 2 b	MAS, distance reached, triceps muscle strength, resistance to passive elbow movement, peak isometric force
Lum(2006)	A(單側組) : 9 B(雙側組) : 5 C(單側+雙側組) : 10 控制組 : 6	亞急性 / 中風個案半側偏 癱、無關節痛和 ROM 受 限	MIME (單側/雙側)	II B 2 b	FM(proximal, distal ^{C*}), MSS, MP, FIM ^{C*} C 組較 A 組佳,達顯著差異

傅格梅爾動作評估量表(Fugl-Mayer Upper Extremity Motor Performance Section Test, FM)、醫學研究會議之肌力量表(Medical Research Council scale, MRC)、動作肌力量表(Motor Power Scale, MPS)、修訂之艾斯渥茲肌肉痙攣量表(Modified Ashworth Scale, MAS)。FM 為評估病患之動作損傷，包含近端（肩膀、手肘、前臂）及遠端關節（手腕、手），總分從 0 分到 66 分；MRC 與 MPS 為量測單一或一群肌肉力量之量表，從 0 分（肌肉無收縮）到 5 分（正常肌力）；MAS 評估病患肌肉痙攣，從 0 分（肌肉無張力）到 5 分（嚴重高張力、僵硬）。

文獻中機器輔助治療對受試者之動作功能要求整理如下：

1. FM >10 分共六篇；6-60 分共四篇；FM for Shoulder and Elbow <33 分一篇；<20 分一篇。
2. MRC 2-4 分共五篇；0 或 1 分一篇。
3. MPS： $\geq 1/5$ 分或 <4/5 分共兩篇；<3 分一篇。
4. MAS：0~4 分共兩篇。

對認知能力的要求大部分文獻以能遵從指令、能完成動作任務即可。若合併視覺聽覺回饋、遊戲、虛擬實境等訓練模式，則要求一定的認知能力，如要求受試者之簡易智能狀態測驗(Mini-Mental State Examination, MMSE)須大於 20~26 分。

機器輔助治療收案排除標準以安全為主要考量，排除標準包括嚴重感覺損傷、失語症及認知問題、注意力問題、神經生理嚴重損傷及其他骨骼肌肉問題或攣縮，但只要能完成機器所提供之動作任務則不將其排除。

治療介入

文獻中共有二十一種機器類型，各類機器介紹見表 2。治療介入根據機器種類不同而異，可依訓練肢體數目、訓練部位、病患主動參與程度及機器結合感覺輸入之不同治療種類做分類。依訓練肢體數目可分為單側、雙側、結合單側和雙側訓練；依訓練部位可分為手腕、肩膀、結合肩膀和手腕部份訓練；依病患主動參與程度可分為

主動（可調整阻力）、被動、結合主動和被動訓練；依機器結合感覺輸入之不同治療種類可分為結合以視覺為基礎的感覺輸入及結合肌肉電刺激訓練。

治療時間大多為 20 分鐘至 1.5 小時，休息時間各研究不一，根據機器提供之模式和任務以及病患之狀況與能力給予適當地休息。訓練時間從 2 分鐘到 1 小時後休息一次皆有，休息時間從 1 分鐘到 15 分鐘不等。治療期間可分為五類，第一類為單次治療，只使用機器輔助治療一次即立刻評估療效，期間多為一小時左右；第二種治療期間為三週；第三種治療期間為四週；第四種治療期間為五至八週；第五種治療期間為九週以上。

療效評量內容

療效評量內容本篇根據世界衛生組織對健康與健康相關狀態描述之分類(World Health Organization, 2001)，包括身體結構層級、活動層級與參與度層級。機器輔助治療文獻多探討身體結構層級療效結果，較少活動層級和參與度層級之評估內容。

身體結構層級評估之內容包括：動作損傷評估、動作功能評估、關節活動度、力量及各種動作表現。常使用之評估如下：動作損傷多用 FM 與 MAS 評估；動作功能多用 MAS、動作狀態分數(Motor Status Score, MSS)評估；肌力使用 MRC 評估；肌肉活性多用肌肉電訊號之均方差(Root Mean Square Error, RMSE)；動作表現則以機器測量運動學(kinematics)參數，評估其伸臂動作動作表現；活動層級之評估內容主要針對日常生活活動，共有 12 篇採用功能獨立量表(Functional Independence Measure, FIM)評估。

療效評量結果

整體而言，機器輔助治療在身體結構層級方面改善病患動作損傷、動作功能、動作表現、肌力和肌肉活性，並可將療效維持至 3~4 個月，在活動層級中療效則不一定(Burgar, Lum, Shor,

表 2. 機器介紹整理

機器名稱簡寫	文獻	治療內容				介入時間
		肢體數目	訓練部位	參與程度	複合式治療	
MIT-MINUS	Krebs 2004, 2007; Volpe 2000; Fasoli 2003; Ferraro, 2003	單側	肩、肘部、手腕	主動／主動協助／被動	視覺回饋	1 小時／次；3 次／週；共 6 週或 12 週
Mirror image movement enabler (MIME)	Patel 2006; Burgar 2000; Lum, 2002, 2003, 2006	單側／雙側	肩、肘部	主動／主動協助／被動	遊戲	20-60 分鐘／次；12-15 次／月；共 1 個月
Inmotion 2	Daly 2005; Fasoli 2004; Volpe 2008; Stein 2004; Krebs, 2008	單側	肩、肘	主動	視覺回饋	1-1.5 小時／次；3-5 次／週；共 6 週或 12 週
Assisted Rehabilitation and Measurement (ARM) Guide	Kahn 2001a, 2001b, 2006	單側	肩、肘	主動／主動協助	視覺回饋	45 分鐘小時／次；共 8 週
Continuous passive motion devices (CPM)	Volpe 2005	單側	肘部	被動	無	25 分鐘小時／天；3 天／週；共 6 週。
robotic rehabilitation system (REHAROB)	Rosati 2007; Fazekas 2007	單側	肩、肘部	被動	無	一次 20-30 分鐘、一週 2-5 次、共 4 週
Two-DoF elbow-shoulder manipulator (MEMO)	Colombo 2005, 2008	單側	肩、肘部	主動／被動	視覺、聽覺回饋	200 分鐘／次；2 次／天；5 天／週；共 3 週
One-DoF wrist manipulator	Colombo 2005	單側	手腕	主動／被動	視覺、聽覺回饋	20 分鐘／次；2 次／天；5 天／週；共 3 週
REHA-SLIDE (RS)	Hesse 2007a	雙側	肩、肘部和手腕	主動—被動	遊戲	30 分鐘／天；5 天／週；共 6 週
NeReBot Device	Masiero, 2007; Rosati, 2007	單側	肩、肘部	主動／被動	視覺、聽覺回饋	200 分鐘／次；2 次／天；5 天／週；共 4 週
Hand Wrist Assistive Rehabilitation Device (HWARD)	Takahashi 2008	單側	手指、手腕	主動	虛擬實境	1.5 小時／天；5 天／週；共 3 週
Sensori-Motor Active Rehabilitation Training of the Arm (SMART arm)	Barker 2008	單側	肩、肘	主動	視覺回饋	1 小時／次；3 次／週；共 4 週

(Table 1. continued)

表 2. 機器介紹整理

機器名稱簡寫	文獻	治療內容				介入時間
		肢體數目	訓練部位	參與程度	複合式治療	
motor-sensor system	Hu 2006, 2008	單側	肘、手腕	主動協助	肌肉電刺激	3 次/週；共 4 週
myoelectrically controlled robotic system	Song 2006, 2008	單側	肘	主動協助	視覺回饋、肌肉電刺激	1 小時/次；3-5 次/週；共 4 週
Bilateral force-induced isokinetic arm training (BFIAMT)	Chang, 2007	雙側	肩、肘部	主動/主動-被動/被動	視覺回饋	30 分鐘/次；3 次/週；共 8 週
Active joint brace (AJB)	Stein 2007	單側	肘部	主動協助	肌肉電刺激	1 小時/次；2-3 小時/週；共 6-9 週 (18 個小時)
GENTLE/s system	Coote 2008	單側	肩、肘	主動/主動協助/被動	視覺回饋	30 分鐘/次；3 次/週；共 3 週
Bi-Manu-Track robotic arm trainer (AT)	Hesse 2003, 2005, 2007b	雙側	肘、手腕	主動/被動/主動-被動	無	150 分鐘/天；5 次/週；共 3 週
Wilmington Robotic Exoskeleton (WREX)	Sanchez, 2006	單側	肘、手腕、肩部	主動	遊戲	45 分鐘/次，3 次/週，共 8 週
Braccio di Ferro	Casadio, 2009	單側	肩、肘	主動	視覺回饋	60-75 分鐘/次，1 次/週，共 10 次
2 degree-of-freedom DOF robot	Patton 2006a, 2006b	單側	肩、肘	主動 (阻力)	無	577 分鐘/1 次 (共 74437 回)

& Van der Loos, 2000; Lum et al., 2006; Volpe et al., 2000, 2005; Fazekas, Horvath, Troznai, & Toth, 2007; Masiero, Celia, Rosati, & Armani, 2007; Rosati, Gallina, & Masiero, 2007)。訓練療效不易概化至其他部位，即訓練肩部和手肘，其療效僅限於該部位。文獻中受試者多為動作損傷中至重度患者，機器輔助治療對於此類型之患者整體療效佳，但並無針對動作損傷輕度之患者之研究，故目前僅能將療效概化至動作損傷中至重度患者。

機器輔助治療與治療師介入比較，結果發現機器輔助治療較傳統治療介入能改善患者之動作損傷、動作功能、肌力和伸臂動作表現，而日常生活功能表現兩者則沒有差異(Burgar et al., 2000; Lum et al., 2006; Volpe et al., 2005; Fazekas et al., 2007)。若將機器輔助治療與治療師僅提供自由伸臂訓練相比較，結果發現在動作損傷、動作功能和伸臂動作表現兩者皆有進步，但無顯著差異(Kahn, Averbuch, Rymer, & Reinkensmeyer, 2001a; Kahn, Zygmán, Rymer, & Reinkensmeyer, 2001b, 2006)。另外，若將機器輔助治療與機器暴露相比較，結果發現機器輔助治療較能改善患者之動作損傷、動作功能和日常生活功能(Volpe et al., 2000; Masiero et al., 2007; Rosati et al., 2007)。

機器輔助治療與肌肉電刺激之比較，Hesse等(2005)發現機器輔助治療較能改善亞急性、動作嚴重損傷病患動作損傷和肌力，張力則無顯著差異。

機器輔助治療對不同動作控制能力患者之療效比較，Lum, Burgar, and Shor (2004)發現較高動作功能患者在治療後其伸臂動作速度改善，而較低動作功能患者則是在伸臂動作幅度有所改善；Ferraro 等(2003)及 Volpe 等(2005)則發現機器輔助治療對動作受損程度中度的患者，其動作損傷層面改善較重度損傷患者多。此外，Ferraro 等(2003)則發現在日常生活功能也有同樣的療效差異，顯示機器輔助治療對動作能力不同之患者療效程度和層面有所差異。

比較急性、亞急性與慢性個案接受機器輔助治療後療效差異，結果發現兩組個案在動作損傷、動作功能和伸臂動作表現皆有改善。但急性及亞急性個案其動作損傷改善較多，伸臂動作平均速度亦改善，而慢性個案則是改善其動作品質（包括動作精確度與平順度）部分(Colombo et al., 2008)。

同種類機器不同模式之療效差異比較，包括探討單側與結合單側和雙側訓練療效、主動或阻力與被動模式療效、不同訓練部位療效、不同任務治療療效及有無肌肉電刺激等。僅有 Lum 等(2006)一篇探討單側與結合單側和雙側模式療效差異，結果發現雖然結合單側和雙側模式組（治療時間中單側與雙側模式訓練各佔一半）前測張力較高，但在治療後與單側模式組（治療時間中皆為單側模式訓練）相比較，兩組動作功能改善差不多。接受阻力訓練之患者，其動作損傷和動作適應能力改善較接受被動訓練之患者多，且感覺動作皮質活化較多。不同訓練部位療效方面，Krebs 等(2007)發現先接受手腕部位訓練再接受肩肘部位訓練之患者，其具備將訓練結果概化至近端關節的能力，但因探討訓練部位療效差異相關文獻較少，推論效果有限。Krebs 等(2008)比較機器結合不同任務之療效差異，結果發現機器手臂輔助執行伸臂訓練動作組與機器手臂輔助執行伸臂訓練動作結合功能性任務組，在動作損傷的整體療效無差異，但改善部位不同。執行伸臂訓練動作之組別其近端關節部位之動作損傷改善較多，而執行功能性任務兩組雖遠端關節部位有改善，與伸臂訓練組卻無顯著差異。Barker, Brauer, and Carson (2008)比較機器輔助治療結合肌肉電刺激與僅提供機器輔助治療之療效差異，結果發現兩組無顯著差異。

討論

實驗設計

在實驗設計方面，真實驗設計的文獻較少、前實驗設計的文獻較多、各個情境之樣本數較

少、缺乏雙盲設計、未描述隨機分配之過程、受試者同時接受額外的復健治療以及未清楚描述評估過程，皆為文獻中常見之研究限制，導致文獻之證據力層級較低，整體效度不高。此外，各文獻收案標準、追蹤測驗之時間、所使用之機器和個案特徵異質性高，導致文獻整理和推論效果上之困難。未來可改善實驗設計上的限制，提升研究之效度。

人口學特色

受試者中風時間從急性、亞急性到慢性個案皆有，以慢性個案居多，但也不乏急性和亞急性個案。動作能力需求較侷限誘發治療和雙側訓練低，輕微的認知、知覺、感覺缺損或失語症也可適用此治療。機器輔助治療可提供多種訓練模式，故適用個案族群廣泛，被動模式動作能力需求低，可提供動作控制能力較差之病患訓練；主動模式動作能力需求雖稍高，但病患只要能主動完成機器所提供之動作即可完成治療。各文獻中個案流失率少，在治療師監督的狀況下安全可完成治療，顯示機器輔助治療為一安全、可接受之復健治療方案。

因大部分文獻中受試者多，為動作損傷中至重度患者或部分文獻中受試者異質性較大，故目前僅能將療效概化至動作損傷中至重度患者。但由 Casadio, Giannoni, Morasso, & Sanguinetti (2009)的研究中，其受試者中有兩位為輕度動作損傷患者，結果發現輕度損傷患者其FM和伸臂速度進步較少，顯示機器輔助治療對輕度患者而言，其療效較不明顯。機器輔助治療可使中至重度患者建立基本的動作技巧以改善其動作能力，但對於輕度患者來說，可能需提高機器輔助治療之難度，並加長治療時間，以幫助患者獲得較複雜之技巧。

機器輔助治療整體療效

機器輔助治療較傳統治療介入能改善患者之動作損傷、動作功能、肌力和伸臂動作表現。傳統治療由治療師提供伸臂訓練、任務導向訓練、

平衡訓練和神經發展手法，而機器輔助治療則是使用機器提供上肢之伸臂訓練，故兩者之差異有二：治療師的監督之程度、訓練內容之差異。若將機器輔助治療與機器暴露相比較，兩者治療師監督之程度類似，但訓練內容不同。結果發現機器輔助治療較能改善患者之動作，顯示機器輔助患者產生動作為一重要之療效因子，可推論療效應來自於訓練內容之差異，即機器輔助治療之特性；若將機器輔助治療與治療師僅提供自由伸臂訓練相比較，兩者治療師之監督程度不同，但訓練內容類似，結果發現兩者比較無差異，故可推論療效因子為訓練內容之差異，而非治療師監督之程度。

機器輔助治療對改善日常生活功能之療效不明顯，可能原因有二：日常生活功能多用 FIM 量表來評估，此量表並無適當地評估其患側手肢體之靈巧度，並且同時包含其它日常生活功能面向；此外，由動作學習觀點來看，機器輔助治療特性主要為建立基本動作技巧，可能造成其對日常生活功能的概化程度不同。未來建議可使用渥夫動作功能測驗(Wolf Motor Function Test, WMFT) 及傑伯森手功能測驗(Jebson Hand Function Test)或運動學分析來評估患側手功能及其動作協調，並且搭配功能性任務訓練，以增進病患之概化能力。

機器輔助治療與病患特徵之交互作用

大部分文獻受試者為動作損傷中至重度，僅有 Ferraro 等(2003)及 Volpe 等(2005)比較動作受損程度中度和重度的患者之療效差異，機器輔助治療療效對中度損傷患者較佳，在動作損傷和日常生活功能上改善較重度患者多。但因重度損傷患者腦部受損嚴重，動作恢復程度較有限，故改善較中度損傷者少。此外，少有探討機器輔助治療於輕度動作損傷個案，僅 Lum 等(2004)探討較高和較低動作功能病患其伸臂動作療效差異，結果發現較高動作功能者伸臂動作速度增加，而較低動作功能者伸臂幅度增加。但因此篇較高動作和較低動作功能組機器輔助治療訓練方式略有

差異，高動作功能組的治療介入為「移動肢體越快越好」，而動作低功能組則為「移動肢體越遠越好」，可能造成結果之差異。由此可見，高動作和低動作功能個案皆能由機器輔助治療獲益，端看其任務需求是否適合個案之能力。未來可針對輕度動作損傷個案，提高機器訓練難度，如：虛擬實境之訓練、遠端肢體訓練、阻力模式及隨機練習模式。

在急性亞急性與慢性對機器輔助治療的反應上，Colombo 等(2008)發現此兩種族群之病患接受機器輔助治療後，其療效改善程度不同。急性、亞急性病患其動作損傷和伸臂動作速度改善較慢性病患多；慢性病患則是在伸臂動作品質上改善較多。可能原因為急性、亞急性個案尚有自然恢復，但因少有探討急性、亞急性和慢性兩種族群接受機器輔助治療之療效差異，故證據有限。

同種機器不同治療模式之療效差異

文獻中僅有 Lum 等(2006)探討單側與結合單側和雙側訓練模式之療效差異，結果發現在動作功能改善上兩組無顯著差異。但在張力改善上，單側和雙側模式組其張力改善卻較單側訓練組多，表示若結合單側和雙側模式可減少不正常之張力。但因單側和雙側模式組前測張力較單側模式組高，兩組病患基本條件不同，可能造成其結果之替代解釋，建議未來可進一步探討單側與雙側模式之療效差異。

若病患患肢有主動動作，則可使用主動阻力模式，Fasoli 等(2004)及 Takahashi, Der-Yeghian, Le, Motiwala, & Cramer (2008)發現此類病患遠端部位動作較能從主動阻力模式獲益，其中 Fasoli 等(2004)為使用主動阻力模式訓練病患之肩肘部位，卻發現其手腕動作改善較多。可能原因為在阻力模式下，患肢遠端肌肉會同時收縮，徵召較多的動作單元和增加患肢肌肉活化，使得患肢遠端肌力增加。同時，腦部產生重塑現象，在與抓握動作有關的初級感覺動作皮質區活化增加。

訓練部位之療效轉移現象

機器輔助治療訓練肩肘部位，其療效並不會概化至手腕部份，但 Krebs 等(2007)卻發現若讓受試者先接受手腕部位訓練再接受肩肘部位訓練，可將手腕訓練結果轉移至肩肘部份。可能原因為接受手腕部位訓練時，雖然近端關節被限制在機器上，但近端關節可能同時也會被訓練到，導致有療效轉移之現象。因目前只有一篇發現不同訓練部位有轉移之現象，建議未來可在療效評量內容中增加未訓練部位之評估，以探討是否有此轉移現象。

複合式治療手法

機器輔助治療尚可結合其他複合式治療手法，如不同訓練任務、肌肉電刺激。Krebs 等(2008)將三組受試者分別接受機器輔助治療結合功能性訓練任務與單純機器輔助治療相比較，結合功能性任務之訓練方式為在伸臂動作結束時加上功能性抓握任務，故其手腕和手部份之 FM 分數進步較多；而伸臂動作訓練組則是在肩和肘的 FM 分數進步較多。因結合功能性任務之組別動作困難性較高，其總動作次數較僅有伸臂動作訓練組別少，可能造成此兩組肩肘部分進步較少之原因。Barker 等(2008)將肌肉電刺激與機器結合，比較有無肌肉電刺激之療效差異，結果兩組卻無顯著差異。可能原因為接受肌肉電刺激組可能使用不正確之方式引發機器產生電刺激、治療時間不足及樣本數過少等。

未來探討建議

近年來，各種類機器和訓練模式大量發展，但證據力層級較高之研究仍較少，故建議未來研究可採用隨機控制試驗並增加樣本數，以提升研究之效度。

各文獻中雖有不同模式和個案特質間之比較，但因相關研究較少，推論效果不高。未來可針對不同模式和個案特質比較療效差異，以進一步了解機器輔助治療特性，如：可將機器輔助治療結合虛擬實境或功能性任務訓練以提升日常生活

動層級之改善。輕度損傷個案可利用不同模式增加訓練難度，提高機器輔助治療不同族群個案之適用性。並可結合其他復健手法，如：神經肌肉電刺激、侷限誘發療法及雙側動作訓練，以改善病患上肢動作功能，發揮復健治療最大效用。

此外，機器輔助治療可改善病患上肢功能且可節省醫療人力，未來可使用成本效能分析(Cost-effectiveness analysis)，分析使用機器輔助治療和其他介入方案，何種可在一定的醫療成本下產生最大效能。

結 論

本篇文獻回顧目的為探討機器輔助治療之療效特性，以作為未來實證研究和臨床應用之參考指標。機器輔助治療對中到重度動作損傷之單側偏癱中風患者有顯著的療效，主要在身體結構層級方面，包括動作損傷、動作功能、動作表現和肌力等，因文獻研究設計限制和缺乏此類療效評量內容，其概化至不同訓練部位和日常生活功能效果之推論效果有限，而機器輔助治療對個案特質和不同訓練模式間也有療效的差異。因此，機器輔助治療可作為中風患者有效復健方案，其不同訓練模式可適用於不同族群的個案，促進其動作功能的恢復。

誌 謝

感謝國家衛生研究院(NHRI-EX98-9742PI)研究經費之贊助。

參考文獻

Barker, R. N., Brauer, S. G., & Carson, R. G. (2008). Training of reaching in stroke survivors with severe and chronic upper limb paresis using a novel nonrobotic device: A randomized clinical trial. *Stroke*, 39, 1800-1807.

Bayona, N. A., Bitensky, J., Salter, K., & Teasell, R.

(2005). The role of task-specific training in rehabilitation therapies. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 12, 58-65.

Bonaiuti, D., Rebasti, P., & Sioli, P. (2007). The constraint induced movement therapy: a systematic review of randomized controlled trials on the adult stroke patients. *Europa Medicophysica*, 43, 139-146.

Boroojerdi, B., Battaglia, F., Muellbacher, W., & Cohen, L. G. (2001). Mechanisms underlying rapid experience-dependent plasticity in the human visual cortex. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98, 14698-14701.

Burgar, C. G., Lum, P. S., Shor, P. C., & Van der Loos, H. F. M. (2000). Development of robots for rehabilitation therapy: The Palo Alto VA/Stanford experience. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 37, 663-673.

Casadio, M., Giannoni, P., Morasso, P. & Sanguineti, V. (2009). A proof of concept study for the integration of robot therapy with physiotherapy in the treatment of stroke patients. *Clinical Rehabilitation*, 23, 217-228.

Chang, J. J., Tung, W. L., Wu, W. L., Huang, M. H., & Su, F. C. (2007). Effects of robot-aided bilateral force-induced isokinetic arm training combined with conventional rehabilitation on arm motor function in patients with chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88, 1332-1338.

Colombo, R., Pisano, F., Micera, S., Mazzone, A., Delconte, C., Carrozza, M. C., et al. (2005). Robotic techniques for upper limb evaluation and rehabilitation of stroke patients. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 13, 311-324.

Colombo, R., Pisano, F., Micera, S., Mazzone, C., Delconte, M. C., Carrozza, P., et al. (2008).

- Assessing mechanisms of recovery during robot-aided neurorehabilitation of the upper limb. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 22, 50-63.
- Coote, S., Murphy, B., Harwin, W., & Stokes, E. (2008). The effect of the GENTLE/s robot-mediated therapy system on arm function after stroke. *Clinical Rehabilitation*, 22, 395-405.
- Daly, J. J., Hogan, N., Perepezko, E. M., Krebs, H. I., Rogers, J. M., Goyal, K. S., et al. (2005). Response to upper-limb robotics and functional neuromuscular stimulation following stroke. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 42, 723-736.
- Fasoli, S. E., Krebs, H. I., Stein, J., Frontera, W. R., & Hogan, N. (2003). Effects of robotic therapy on motor impairment and recovery in chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84, 477-482.
- Fasoli, S. E., Krebs, H. I., Stein, J., Frontera, W. R., Hughes, R., & Hogan, N. (2004). Robotic therapy for chronic motor impairments after stroke: follow-up results. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85, 1106-1011.
- Fazekas, G., Horvath, M., Troznai, T., & Toth, A. (2007). Robot-mediated upper limb physiotherapy for patients with spastic hemiparesis: A preliminary study. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 39, 580-582.
- Ferraro, M., Palazzolo, J. J., Krol, J., Krebs, H. I., Hogan, N., & Volpe, B.T. (2003). Robot-aided sensorimotor arm training improves outcome in patients with chronic stroke. *Neurology*, 61, 1604-1607.
- Hesse, S., Schmidt, H., Werner, C., Rybski, C., Puzich, U., & Bardeleben, A. (2007a). A new mechanical arm trainer to intensify the upper limb rehabilitation of severely affected patients after stroke: Design, concept and first case series. *Europa Medicophysica*, 43, 463-468.
- Hesse, S., Schulte-Tigges, G., Konrad, M., Bardeleben, A., & Werner, C. (2003). Robot-assisted arm trainer for the passive and active practice of bilateral forearm and wrist movements in hemiparetic subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84, 915-920.
- Hesse, S., Werner, C., Pohl, M., Rueckriem, S., Mehrholz, J., & Lingnau, M. L. (2005). Computerized arm training improves the motor control of the severely affected arm after stroke: a single-blinded bandomized trial in two centers. *Stroke*, 36, 1960-1966.
- Hesse, S., Werner, C., Schonhardt, E. M., Bardeleben, A., Jenrich, W., & Kirker, S. G. B. (2007b). Combined transcranial direct current stimulation and robot-assisted arm training in subacute stroke patients: A pilot study. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 25, 9-15.
- Hu, X. L., Song, R. K., Tong, Y., Tsang, S. F., Leung, O. Y., & Li, L. (2006). *Coactivations of elbow and shoulder muscles in hemiplegic persons with chronic stroke during robot-assisted training*. Paper presented at the 28th IEEE EMBS Annual International Conference, Chicago, USA.
- Hu, X. L., Tong, K. Y., Song, R., Zheng, X. J., Lui, K. H., Leung, W. F., et al. (2009). Quantitative evaluation of motor functional recovery process in chronic stroke patients during robot-assisted wrist training. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19, 639-650.
- Kahn, L. E., Averbuch, M., Rymer, W. Z., & Reinkensmeyer, D. J. (2001a, April) *Comparison of robot-assisted reaching to free reaching in promoting recovery from chronic stroke*. Paper presented at the 7th International Conference on Rehabilitation Robotics, Evry, France.
- Kahn, L. E., Zygmans, M. L., Rymer, W. Z., & Reinkensmeyer, D. J. (2001b, October). *Effect of robot-assisted and unassisted exercise on function reaching in chronic hemiparesis*. Paper presented at the 23rd Annual EMBS International

- Conference, Istanbul, Turkey.
- Kahn, L. E., Zygmant, M. L., Rymer, W. Z., & Reinkensmeyer, D. J. (2006, June 21). Robot-assisted reaching exercise promotes arm movement recovery in chronic hemiparetic stroke: a randomized controlled pilot study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 3, Article 12. Retrieved June 20, 2009, from <http://www.jneuroengrehab.com/content/pdf/1743-0003-3-12.pdf>.
- Krebs, H. I., Ferraro, M., Buerger, S. P., Newbery, M. J., Makiyama, A., Sandmann, M., et al. (2004, October 26). Rehabilitation robotics: pilot trial of a spatial extension for MIT-Manus. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 1, Article 5 Retrieved June 20, 2009, from <http://jneuroengrehab.com/content/pdf/1743-0003-1-5.pdf>.
- Krebs, H. I., Mernoffd, S., Fasoli, S. E., Hughes, R., Stein, J., & Hogana, N. (2008). A comparison of functional and impairment-based robotic training in severe to moderate chronic stroke: A pilot study. *NeuroRehabilitation*, 23, 81-87.
- Krebs, H. I., Volpe, B. T., Williams, D., Celestino, J., Charles, S. K., Lynch, D., et al. (2007). Robot-aided neurorehabilitation: a robot for wrist rehabilitation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 15, 327-335.
- Kwakkel, G., Kollen, B. J., & Krebs, H. I. (2008). Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 22, 111-121.
- Lum, P. S., Burgar, C. G., & Shor, P. C. (2004). Evidence for improved muscle activation patterns after retraining of reaching movements with the MIME robotic system in subjects with post-stroke hemiparesis. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 12, 186-194.
- Lum, P. S., Burgar, C. G., Shor, P.C., Majmundar, M., & Van der Loos, M. (2002). Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83, 952-959.
- Lum, P. S., Burgar, C. G., Van der Loos, M., Shor, P.C., Majmundar, M., & Yap, R. (2006). MIME robotic device for upper-limb neurorehabilitation in subacute stroke subjects: A follow-up study. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 43, 631-642.
- Masiero, S., Celia, A., Rosati, G., & Armani, M. (2007). Robotic-assisted rehabilitation of the upper limb after acute stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88, 142-149.
- Patel, S., Ho, J. T., Kumar, R., Lai, K., Ahangar, B., Burgar, C. G., et al. (2006). Changes in motoneuron excitability in hemiplegic subjects after passive exercise when using a robotic arm. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87, 1257-1261.
- Patton, J. L., Kovic, M., & Mussa-Ivaldi, F. A. (2006a). Custom-designed haptic training for restoring reaching ability to individuals with poststroke hemiparesis. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 43, 643-656.
- Patton, J. L., Stoykov, M. E., Kovic, M., & Mussa-Ivaldi, F. A. (2006b). Evaluation of robotic training forces that either enhance or reduce error in chronic hemiparetic stroke survivors. *Experimental Brain Research*, 168, 368-383.
- Rosati, G., Gallina, P., & Masiero, S. (2007). Design, Implementation and Clinical Tests of a Wire-Based Robot for Neurorehabilitation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 15, 560-569.
- Sanchez, R. J., Liu, J., Rao, S., Shah, P., Smith, R., Rahman, T., et al. (2006). Automating arm movement training following severe stroke:

- Functional exercises with quantitative feedback in a gravity-reduced environment. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 14, 378.
- Schaechter, J. D. (2004). Motor rehabilitation and brain plasticity after hemiparetic stroke. *Progress in Neurobiology*, 73, 61-72.
- Song, R. T., Tong, K. Y., Hu, X. L., & Li, L. (2008). Assistive control system using continuous myoelectric signal in robot-aided arm training for patients after stroke. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 16, 371-379.
- Song, R., Tong, K. Y., Hu, X. L., Tsang, S. F., & Li, L. (2006). The therapeutic effects of myoelectrically controlled robotic system for persons after stroke—a pilot study. *Engineering in Medicine and Biology Society*, 1, 4945-4948.
- Stein, J., Krebs, H. I., Frontera, W. R., Fasoli, S. E., Hughes, R., & Hogan, N. (2004). Comparison of two techniques of robot-aided upper limb exercise training after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83, 720-728.
- Stein, J., Narendran, K., McBean, J., Krebs, K., & Hughes, R. (2007). Electromyography-controlled exoskeletal upper-limb-powered orthosis for exercise training after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86, 255-261.
- Takahashi, C. D., Der-Yeghiaian, L., Le, V., Motiwala, R. R., & Cramer, S. C. (2008). Robot-based handmotor therapy after stroke. *Brain*, 131, 425-437.
- Volpe, B. T., Ferraro, M., Lynch, D., Christos, P., Krol, J., Trudell, C., et al. (2005). Robotics and other devices in the treatment of patients recovering from stroke. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 5, 465-470.
- Volpe, B. T., Krebs, H. I., Hogan, N., Edelstein, L., Diels, C., & Aisen, M. (2000). A novel approach to stroke rehabilitation Robot-aided sensorimotor stimulation. *Neurology*, 54, 1938-1944.
- Volpe, B. T., Lynch, D., Rykman-Berland, A., Ferraro, M., Galgano, M., Hogan, N., et al. (2008). Intensive sensorimotor arm training mediated by therapist or robot improves hemiparesis in patients with chronic stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 22, 305-310.
- World Health Organization. (2001). International classification of functioning, disability and health. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

Effects of Robot-Assisted Therapy in Stroke Patients: A Literature Review

*Chieh-Ling Yang, M.S.¹ Keh-Chung Lin, Sc.D.² Hsiang-Yu Chen, B.S.¹
Huei-Yu, Chen, B.S.¹ Pei-Chun Chao, B.S.¹ Po-Chou Lin, B.S.¹ Ching-Yi Wu, Sc.D.¹*

Objective: Robot-assisted therapy providing high-intensity, repetitive task-specific and labor-conserved intervention has been developed recently for stroke patients with a wide variety of motor deficits. Robot-assisted therapy refers to the use of machine for training hemiparetic arms of stroke patients. A systematic review published in 2008 demonstrated positive effects of robot-assisted therapy. However, studies investigating the effects of robot-assisted therapy grow rapidly in recent two years. The aims of the review were to synthesize and analyze the most recent studies on intervention effect of robotic training. **Methods:** PubMed, Medline, and Scopus databases dated to March, 2009 were searched to identify relevant studies. The criteria for inclusion in this review were the inclusion of robot-assisted therapy as an intervention approach in the empirical study. The key words were robotic training/robot assisted training, stroke/hemiplegic, and rehabilitation. **Results:** This review identified 42 trials. Due to diverse forms of robots, interventions were classified according to number of training limbs (unilateral/ bilateral/unilateral coupled with bilateral training), involved joints (finger/wrist/shoulder and elbow/shoulder, elbow and wrist), levels of patient's participation (active/passive/active coupled with passive training), and sorts of sensory input that combined with device (visual input/neuromuscular stimulation). Characteristics of patients and intervention modes exert different effects on stroke patients. We found that the use of robot-assisted therapy may improve body structure, including motor impairment, motor function, muscle strength, and muscle activity for 3 to 4 months on moderately to severely affected patients. However, benefits on activity level were uncertain. **Conclusion:** Our findings indicate that robot-assisted therapy was applicable to most participants, beneficial for body structure, and cost-reduction. Further research should use well-designed experimental designs to evaluate benefits of robot-assisted therapy. Future research may differentiate the effects of robot-assisted therapy among various characters of patients and focus on the effectiveness of coupled protocols. (Journal of Taiwan Occupational Therapy Research and Practice 2009 5(2): 128-144)

Key words: Robot-assisted therapy, Stroke, Hemiplegia, Rehabilitation

Department of Occupational Therapy, Chang Gung University¹ School of Occupational Therapy, College of Medicine, National Taiwan University²

Address Correspondence to: Dr. Ching-Yi Wu, 259 Wen-Hwa 1 Rd., Kwei-Shan, Taoyuan, Taiwan. Tel: 03-2118800 ext. 5761; Fax: 03-2118800 ext. 3163; e-mail: cywu@mail.cgu.edu.tw