



박경필·신용일^a

¹부산대학교 의학전문대학원 신경과학교실, ²부산대학교 의학전문대학원 재활의학교실

Motor rehabilitation in neurological diseases

Kyung-Pil Park, MD, PhD¹, Yong-Il Shin, MD, PhD²

¹Department of Neurology, Pusan National University School of Medicine, Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan,

²Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University School of Medicine, Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan, Korea

Stroke is one of the major cause of death and long-term disability in the world as well as in Korea. Stroke may affect adversely in motor function, language, cognition, sensory processing, and emotional disturbances. Most of the listed factors can severely degrade survivor's quality of life. Mortality rate of stroke is being decreased in accordance with improvement of acute management strategy of stroke. However, medical sequela after stroke is increasing, and this signify the importance of neurorehabilitation after stroke.

We summarized that physical therapy to maximize the motor function recovery is important for independent functional activities of daily living in stroke patients. We will describe a rehabilitation for motor recovery in stroke in evidence-based medicine point of view.

Key Words: Stroke, Motor recovery, Stroke rehabilitation

서론

뇌졸중은 우리나라 사망원인의 두 번째로 많은 질환으로 약 795,000명으로 추정되는 유병률을 보이고 있는 심각한 장애를 유발하는 질환이다.¹ 권역심뇌질환센터 사업과 같은 급성기 치료에 대한 국가적 전략과 응급의료전달체계의 활성화 및 다양한 급성기 치료기술의 발달로 뇌졸중에 의한 사망률은 감소되고 있으나 생존자의 증가에 따른 후유 장애를 가지는 사람의 수가 증가함에 따라 뇌신경재활 영역의 역할이 더욱 중요하게 되었다.²

신경학적 질환에서 운동재활은 급성기 신경학적 치료 후 잔존하는 운동기능의 회복을 통한 기능적 독립성을 증 가시키기 위해 중요하다. 저자들은 신경학적 질환 중 대표질환인 뇌졸중에서 뇌신경운동재활의 근거의학적 측면

에서 기술하고자 한다.

본론

뇌졸중 후 운동-감각기능 장애는 세면하기, 식사하기, 대 소변 처리하기, 착탈의 동작 수행하기, 목욕하기, 보행 및 이동동작 수행하기 등 기본적인 일상생활 기본동작의 수행 에 어려움을 초래하여 뇌졸중 환자의 삶의 질을 저하시키는 가장 중요한 원인이다. 특히, 운동장애는 뇌졸중의 후유 장애 중 가장 흔한 장애로 독립적 일상생활을 영위하는데 큰 제한요인으로 작용함에 따라 운동기능 회복을 위한 치료가 뇌신경재활의 주요 과제 중 하나이다.

뇌졸중 후 운동기능의 회복은 초기 10일 이내에 전체 회복의 50%까지 일어나며, 이후 3개월의 기간을 통해 전체 회복 가능한 기능의 약 85% 내외의 회복이 일어난다고 한다.^{3,4} 뇌졸중 후 운동기능의 회복정도는 하지와 상지의 회복정도가 다른데, 하지마비에 따른 운동기능의 회복 정도에 대한 대규모 전향적 코호트 연구에 의하면 뇌졸중 후 초기 운동마비의 정도를 5단계로 분류하였을 때, 중증도의 운

Yong-Il Shin

Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University School of Medicine, 20 Geumo-ro, Mulgeum-eup, Yangsan 50612, Korea

Tel: +82-55-360-2872, Fax: +82-55-360-4251

E-mail: rmshin01@gmail.com

동장애헌을 가진 경우 6개월 후 44%가 완전회복, 29%가 부분회복, 20%가 변화 없음, 7%가 운동기능의 퇴행을 보였다고 한다.^{3,4} 상지의 경우 200명 이상을 대상으로 한 전향적 코호트 연구에서 뇌졸중 후 초기 움직임이 전혀 없거나 미미한 움직임을 보이는 경우 25개월 이상의 추적 평가에서 14%에서만 완전회복을 보였으며, 30%에서는 부분적인 회복을 보였다고 보고하였다.^{3,4}

국내에서 수행된 대규모 뇌졸중 코호트연구에 따르면 Fugl-Meyer Assessment scale을 이용한 운동기능 평가에서 뇌졸중 후 6개월이 경과된 시점에서 48.6%가 경도이상의 운동기능장애를 보였으며, 12개월 시점에서도 46.3%가 경도이상의 운동기능장애를 보이는 것으로 나타났다. 우리나라 장애평가의 기준으로 활용되는 수정바텔지수를 이용한 일상생활 기본동작의 독립적 수행 능력평가에서 뇌졸중 후 6개월이 경과된 시점에서 35.9%가 장애인의 판정기준에 해당되는 기능장애를 보였으며, 12개월 시점에서도 31.7%가 장애인의 판정기준에 해당되는 기능장애를 보였다.⁵

이와 같이, 뇌졸중 후 1년 이상 잔존하는 운동기능 장애는 환자개인과 가족의 삶의 질을 낮추는 주요 원인일 뿐만 아니라 사회경제적 부담요인으로 작용한다. 그러므로 뇌졸중 후 운동기능 회복을 위한 뇌신경재활 측면의 치료전략 수립이 매우 중요하다.

뇌졸중 후 운동기능회복과 관련된 여러 가지 재활치료에 대한 체계적인 분석연구 등에 따르면 다음과 같다.

뇌졸중 발병 후 3일 이내에 실시하는 조기 이동 및 보행 치료로 이야기할 수 있는 조기재활치료는 뇌졸중 발병 24시간 이내에 운동재활치료를 시작하는 very early mobilization과 뇌졸중 발병 24시간 이후에 시작하는 early mobilization으로 나누어 볼 수 있다. 호주에서 수행된 A very early rehabilitation trial (AVERT)과 영국에서 수행된 the very early rehabilitation or intensive telemetry after stroke (VERITAS)의 결과에 대한 메타 분석 연구에서 very early mobilization 치료는 기존의 고식적 재활치료에 비해 뇌졸중 발병 후 3개월에서 보다 높은 기능적 독립을 보일 수 있는 효과적인 치료법이라고 보고하였다.⁶ 같은 연구자료를 토대로 수행된 조기재활치료의 특성이 뇌졸중 발병 3개월의 기능적 독립에 미치는 영향에 대한 분석연구에서 짧은 시간 동안 반복적인 보행훈련을 하는 치료전략이 기능적 회복과 유의한 연관성을 보인다고 하였다.⁷ 이를 종합하여 판단하였을 때, 뇌졸중 환자에게 고강도의 보행 운동치료는 발병 24시간 이후에 시행하는 것이 바람직하며, 짧은

시간 동안 반복적으로 보행 치료를 시행하는 것이 필요하다.

건측 상지 운동제한 치료법(constraint-induced movement therapy, CIMT)은 건측 상지의 운동을 제한하고 환측 상지의 사용을 강제적으로 유도(forced-use)하여 환측 상지의 learned non-use를 억제함으로써 환측의 운동기능 회복을 꾀하는 치료이다. 환측 상지의 손목과 손가락의 신전이 약 10도 내외의 가능한 비교적 운동기능이 좋은 환자를 대상으로 하고 있다. 개발초기에 소개된 치료 방식은 2주간 건측 상지를 보조기를 통해 제한시키고 매일 6시간 주 5일 일대일 치료를 통해 환측 상지의 반복적 과업특이적 작업 훈련(task specific training)과 일상생활동작에서의 사용을 촉진하는 것으로 구성되어 있으나, 최근에는 환자의 불편함에 따른 참여 동기 저하를 줄이기 위한 변형된 치료 프로그램이 많이 이용되고 있다. 42개의 연구결과를 체계적분석한 코크란 리뷰에 의하면 상지기능의 회복에 중등도 이상의 효과가 있다고 하였다(SMD 0.34[95% CI, 0.12 to 0.55]).⁸

양측상지훈련(bilateral arm training)은 양측 상지를 동시에 움직이는 방법을 통해서 건측 상지의 움직임이 환측의 움직임을 촉진시키는 원리를 가지고 있다. Morris 등⁹이 106명을 대상으로 한 무작위 대조 시험에서 양측상지 운동 치료를 받은 군이 대조군에 비해 상지의 섬세한 손기능(dexterity)에서 유의미한 향상을 보였다고 하였다. 다른 무작위 대조연구에서도 상지 운동치료법이 상지의 운동기능 향상에 효과적임 것으로 보고하였다.^{10,11} 그러나 또 다른 무작위 대조연구에서는 양측상지 운동치료법의 효과가 일반적인 상지치료법과 차이가 없다고 보고하였다.^{12,13}

거울치료(mirror therapy)는 뇌졸중 후 심하게 마비된 상지와 하지의 불사용(non-use)에 따른 퇴행을 억제하고, 건강한 손과 발의 움직임을 거울상을 통해 관찰하게 함으로써 마비된 손과 발의 움직임에 따른 뇌 피질의 활성화를 유도하기 위한 치료법이다. Perez-Cruzado 등¹⁴의 체계적 고찰에 따르면 상지의 거울치료가 기존의 고식적 재활치료보다 급성기와 만성기 모두에서 상지의 기능회복에 더 효과적이라고 하였다.

뇌졸중 환자의 마비된 상지 근육에 대한 기능적 전기 자극 치료(functional electric stimulation, FES)는 재활치료 현장에서 널리 사용되고 있으며, 여러 가지 전기자극 프로그램 중 정해진 프로그램에 의한 cyclic stimulation이 가장 많이 사용되고 있다. 최근 발표된 미국과 캐나다의 임상진료지침에서는 전완과 손목의 움직임이 저하된 환자에서 근력 및 기능회복을 위한 치료로 강력히 권고하고 있다.^{15,16}

뇌질환 후 기능회복을 위한 운동재활치료에는 운동재학습, 신경생리적접근, 생역학적접근 등이 있으며, 보바스치료, 신경발달치료 등으로 불리운다.¹⁷ 뇌졸중 후 상하지 기능장애에 대한 보바스치료와 같은 신경생리적 치료(neurophysiological approaches, Bobath)의 효과에 대해서 많은 논란을 유발하였던 근래의 메타 분석에 의하면 상하지 모두에서 의미있는 기능 개선 효과가 증명되지 않았다(상지 SMD 0.11[95% CI, -0.14 to 0.36], 하지 SMD 0.06[95% CI, -0.32 to 0.43]).^{18,19} 그러나 최근에 보고된 운동재활치료에 대한 코크란 리뷰에 따르면 여러 운동 치료 방법들은 위약 대조군 또는 치료를 실시하지 않은 군에 비해 뇌졸중 후 기능회복에 의미있는 효과가 있다고 하였다(SMD 0.78[95% CI, 0.58 to 0.97] for Independence in ADL scales). 또한 여러 가지 다양한 신경발달 재활운동치료법 중 어느 한가지 치료방법이 타 치료 방법에 비해 더 우월하다고 할 수 없다고 보고하였다.²⁰ 이는 환자의 상태에 따라 뇌신경재활 전문가와 전문치료사에 의해 환자 개개인의 특성에 따라 치료전략을 수립하여야 함을 의미한다.

로봇재활치료는 최근에 부각되고 있는 새로운 분야이다. 최근에 수행된 코크란 리뷰에 의하면 로봇상지재활치료가 고식적인 상지재활치료 방법에 비해 일상생활 기본동작 수행능력(SMD 0.37[95% CI, 0.11 to 0.64], $p=0.005$, $I^2=62\%$), 상지 기능 (SMD 0.35[95% CI 0.18 to 0.51], $p<0.0001$, $I^2=36\%$) 및 상지 근력(SMD 0.36[95% CI, 0.01 to 0.70], $p=0.04$, $I^2=72\%$)의 개선에 우월한 치료효과가 있는 것으로 보고되었다.²¹

뇌졸중 후 보행기능 회복을 위해 사용되는 트레드밀 훈련 또는 체중부하 트레드밀 훈련은 다른 고식적인 물리치료 방법에 비해 보행의 독립성 획득에는 차이가 없었으나 보행 속도(The pooled mean difference (MD) (random-effects model) for walking velocity was 0.07 m/s [95% CI, 0.01 to 0.12], $P=0.02$; $I^2=57\%$), 지구력(the pooled MD for walking endurance was 26.35 meters [95% CI, 2.51 to 50.19], $P=0.03$; $I^2=60\%$)에 있어 유의미한 가치가 있었다.²²

착용형 외골격 보행로봇치료에 대한 여러개의 무작위 대조군 연구에서 보행로봇 훈련이 다양한 보행기능의 향상에 유의미하게 효과적임이 밝혀졌다.²³⁻²⁶

보행기능 개선을 위해 실시하는 다양한 방법의 유산소운동치료의 효과에 대한 2797명이 포함된 58개 연구의 분석에서 유산소운동치료는 치료전에 비해 치료 후 최대 보행

속도(MD 6.71 m/min, [95% CI, 2.73-10.69])와 보행 유지능력(MD 30.29 m/6min, [95% CI, 16.19-44.39]) 등에서 유의미한 향상효과가 있었다.²⁷

이외에도 운동연상(motor imagery), 운동관찰(action observation), 비침습적 뇌자극치료(tDCS, rTMS)와 같은 치료효과에 대한 근거를 가진 다양한 치료 방법이 활용되고 있으며, 실제의 치료현장에서는 환자의 상태에 따라 재활의학 팀접근에 의한 목표지향적인 전략적 선택을 할 수 있다.^{17,28}

결론

뇌졸중 후 운동기능 장애의 회복은 뇌졸중 병변의 위치, 크기, 초기의 기능 수준, 재활치료의 시작 시기 등의 여러 가지 요인에 의해 다양한 양상의 회복 정도를 보인다.²⁹⁻³² 이러한 회복은 국소적 뇌 가소성 또는 뇌내 신경망의 재구성 같은 광범위한 범위에서의 뇌 가소성에 의해 이루어진다.^{33,34} 이러한 뇌 가소성에 의한 모든 회복과정에 미치는 중요한 인자는 얼마나 빨리 재활치료가 시작되었는가?, 뇌 가소성의 증진에 적절한 재활치료와 학습이 이루어졌는가?, 환자의 의욕과 가족의 참여도는 얼마나 높은가? 등이며, 이러한 모든 요인의 결정에는 결정에는 잘 조직화된 전문적인 재활치료팀에 의한 환자 개개인 맞춤형 치료전략수립을 통한 적극적인 접근이 필요하다.

뇌졸중 후 운동기능 회복에 필요한 뇌 가소성 증진을 위한 가장 중요한 전략은 무엇보다도 조기에 집중적이고 강력한(more is better) 뇌신경재활치료를 수행하는 것이며, 이를 위해서 뇌졸중환자를 치료하는 의료팀 간의 긴밀한 협력이 필요하다.

References

1. Hong KS, Cho HY, Yu KH, Rha JH. *Clinical Practice Guidelines for Stroke, 3rd ed*. Seoul: Clinical Research Center For Stroke; 2015.
2. 통계청. 2015년 사망원인통계 결과. 대전: 통계청; 2016.
3. Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Vive-Larsen J, Stoier M, Olsen TS. Outcome and time course of recovery in stroke. Part II: Time course of recovery. The Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil*. 1995;76(5):406-412.
4. Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Vive-Larsen J, Stoier M, Olsen TS. Outcome and time course of recovery in stroke. Part I: Outcome. The Copenhagen Stroke Study.

- Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76(5):399-405.
5. 질병관리본부. 뇌졸중 환자의 재활분야 장기적 기능 수준 관련 요인에 대한 10년 추적조사 연구. 오송: 질병관리본부; 2016.
 6. Craig LE, Bernhardt J, Langhorne P, Wu O. Early Mobilization After Stroke. *Stroke.* 2010;41(11):2632-2636.
 7. Bernhardt J, Churilov L, Ellery F, et al. Prespecified dose-response analysis for A Very Early Rehabilitation Trial (AVERT). *Neurology.* 2016;86(23):2138-2145.
 8. Corbetta D, Sirtori V, Castellini G, Moja L, Gatti R. Constraint-induced movement therapy for upper extremities in people with stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015(10):CD004433.
 9. Morris JH, Van Wijck F. Responses of the less affected arm to bilateral upper limb task training in early rehabilitation after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(7):1129-1137.
 10. Lin KC, Chen YA, Chen CL, Wu CY, Chang YF. The effects of bilateral arm training on motor control and functional performance in chronic stroke: a randomized controlled study. *Neurorehabil Neural Repair.* 2010;24(1):42-51.
 11. Summers JJ, Kagerer FA, Garry MI, Hiraga CY, Loftus A, Cauraugh JH. Bilateral and unilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients: A TMS study. *J Neurol Sci.* 2007;252(1):76-82.
 12. Whittall J, Waller SM, Sorkin JD, et al. Bilateral and unilateral arm training improve motor function through differing neuroplastic mechanisms: a single-blinded randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2011;25(2):118-129.
 13. Stoykov ME, Lewis GN, Corcos DM. Comparison of bilateral and unilateral training for upper extremity hemiparesis in stroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2009;23(9):945-953.
 14. Perez-Cruzado D, Merchan-Baeza JA, Gonzalez-Sanchez M, Cuesta-Vargas AI. Systematic review of mirror therapy compared with conventional rehabilitation in upper extremity function in stroke survivors. *Aust Occup Ther J.* 2016.
 15. Hebert D, Lindsay MP, McIntyre A, et al. Canadian stroke best practice recommendations: Stroke rehabilitation practice guidelines, update 2015. *Int J Stroke.* 2016;11(4):459-484.
 16. Winstein CJ, Stein J, Arena R, et al. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke.* 2016;47(6):e98-e169.
 17. Langhorne P, Coupar F, Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review. *Lancet Neurol.* 2009;8(8):741-754.
 18. Luke C, Dodd KJ, Brock K. Outcomes of the Bobath concept on upper limb recovery following stroke. *Clin Rehabil.* 2004;18(8):888-898.
 19. Pollock A, Baer G, Pomeroy V, Langhorne P. Physiotherapy treatment approaches for the recovery of postural control and lower limb function following stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2007(1):CD001920.
 20. Pollock A, Baer G, Campbell P, et al. Physical rehabilitation approaches for the recovery of function and mobility following stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014(4):CD001920.
 21. Mehrholz J, Pohl M, Platz T, Kugler J, Elsner B. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015(11):CD006876.
 22. Mehrholz J, Pohl M, Elsner B. Treadmill training and body weight support for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014(1):CD002840.
 23. Buesing C, Fisch G, O'Donnell M, et al. Effects of a wearable exoskeleton stride management assist system (SMA(R)) on spatiotemporal gait characteristics in individuals after stroke: a randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil.* 2015;12:69.
 24. Forrester LW, Roy A, Hafer-Macko C, Krebs HI, Macko RF. Task-specific ankle robotics gait training after stroke: a randomized pilot study. *J Neuroeng Rehabil.* 2016;13(1):51.
 25. Forrester LW, Roy A, Krywonis A, Kehs G, Krebs HI, Macko RF. Modular ankle robotics training in early subacute stroke: a randomized controlled pilot study. *Neurorehabil Neural Repair.* 2014;28(7):678-687.
 26. Watanabe H, Tanaka N, Inuta T, Saitou H, Yanagi H. Locomotion improvement using a hybrid assistive limb in recovery phase stroke patients: a randomized controlled pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014;95(11):2006-2012.
 27. Saunders DH, Sanderson M, Hayes S, et al. Physical fitness training for stroke patients. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;3:CD003316.
 28. Langhorne P, Bernhardt J, Kwakkel G. Stroke rehabilitation. *Lancet.* 2011;377(9778):1693-1702.
 29. Binkofski F, Seitz RJ, Hacklander T, Pawelec D, Mau J, Freund HJ. Recovery of motor functions following hemiparetic stroke: a clinical and magnetic resonance-morphometric study. *Cerebrovasc Dis.* 2001;11(3):273-281.
 30. Bode RK, Heinemann AW. Course of functional improvement after stroke, spinal cord injury, and traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(1):100-106.
 31. Copen WA, Schwamm LH, Gonzalez RG, et al. Ischemic stroke: effects of etiology and patient age on the time course of the core apparent diffusion coefficient. *Radiology.* 2001;221(1):27-34.
 32. Hendricks HT, van Limbeek J, Geurts AC, Zwartz MJ. Motor recovery after stroke: a systematic review of the literature. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(11):1629-1637.
 33. Kim YH, You SH, Kwon YH, Hallett M, Kim JH, Jang SH. Longitudinal fMRI study for locomotor recovery in patients with stroke. *Neurology.* 2006;67(2):330-333.
 34. Kreisel SH, Bazner H, Hennerici MG. Pathophysiology of stroke rehabilitation: temporal aspects of neuro-functional recovery. *Cerebrovasc Dis.* 2006;21(1-2):6-17.