



건측 상지 운동 제한 치료법

김민욱* | 가톨릭대학교 의과대학 인천성모병원 재활의학과

Constraint-induced movement therapy

Min-Wook Kim, MD*

Department of Rehabilitation Medicine, Incheon St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea College of Medicine, Incheon, Korea

*Corresponding author: Min-Wook Kim, E-mail: minukkim@nate.com

Received December 16, 2012 · Accepted December 30, 2012

Upper extremity paresis is a major impairment after stroke. Constraint-induced movement therapy (CIMT), which is in contrast to traditional rehabilitation techniques, such as neurodevelopmental approaches and proprioceptive neuromuscular facilitation, has initiated evidence-based medicine in stroke rehabilitation research. The main components of CIMT include massed practice, the constraint of movement of the intact upper limb, and the shaping of the behaviors of the impaired limb in order to improve the amount and quality of the use of the impaired limb. The proposed mechanism for CIMT involves overcoming learned nonuse and plastic brain reorganization. Patients who are indicated for CIMT have $\geq 10^\circ$ of active wrist extension, $\geq 10^\circ$ of thumb abduction/extension, and $\geq 10^\circ$ of extension in at least 2 additional digits. The standard CIMT is a time-consuming and labor-intensive treatment in the clinical situation. A modified CIMT has been studied to eliminate the limitations of the original method. Further studies should be performed to determine the amount, dose, training, and restraint technique of CIMT. Future studies also need to explore the synergy between CIMT and new therapies, such as robotics, virtual environments, mental imagery, and cortical stimulation. As an essential strategy founded on evidence-based medicine and proposing a conception of specific training for selected patients, CIMT should be further studied in terms of its applicability and effectiveness.

Keywords: Physical therapy modalities; Stroke; Recovery of function; Upper extremity

서론

뇌졸중은 전세계적으로 흔하며, 심각한 장애를 남기는 질환이다. 대부분의 국가에서 사망의 두 번째 또는 세 번째 원인이 되고 있으며, 성인에서 후천성 장애의 주요 원인이다[1]. 뇌졸중 환자의 재활치료는 1950년대 촉진, Rood에 의한 감각자극, 1960년대 Kabat, Knott, Voss에 의한 고유수용성 신경근 촉진(proprioceptive neuromuscular facilitation), Bobath에 의한 신경발달치료(neurodevelopmental treatment), 1970년 Brunnstrom에 의한 운동치료, Arys

에 의한 감각통합 등으로 시행되어 왔다. 이들 치료법들은 실험적 관찰보다는 경험적인 요소에 기초를 두고 있으며 무작위대조시험에 의한 질 높은 연구들이 부족하다.

건측 상지 운동 제한 치료법(constraint-induced movement therapy, CIMT), 로봇 재활치료, 가상현실 치료, 반복 경두개 자기자극 치료, 경두개 전기자극 치료, 줄기세포 치료 등 새로운 재활치료방법들이 소개되면서 이에 대한 효과를 입증하기 위하여 근거중심의학(evidence based medicine)이 강조되고 있다. 즉, 연구대상 수가 충분한 양질의 무작위 대조시험에 대한 필요성이 증가하고 있으며 이를 기반으로

메타연구들이 수행되고 있다. 그 중에서도 CIMT는 양질의 무작위대조시험을 대규모로 진행한 첫 번째 치료법이다[2].

운동학습(motor learning) 이론에 기반을 두고 있으며, 뇌졸중 환자의 상지 재활에서 가장 주목 받고 있는 치료 중의 하나인 CIMT를 역사, 이론적 배경, 표준 치료, 치료의 한계, 변형된 치료, 최근 메타분석 및 임상진료지침과 함께 정리하고자 한다.

건축 상지 운동 제한 치료법의 역사

CIMT의 역사는 원숭이 실험으로 거슬러 올라간다. 원숭이의 경추 및 상흉추의 후(dorsal) 척수신경근을 절단하면 체성신경의 구심로차단(deafferentation)으로 한쪽 상지를 사용할 수 없게 된다. 그런데, 이 원숭이에게 반대측 건축 상지 사용을 제한하면 구심로차단된 한측 상지를 다시 사용할 수 있게 됨을 관찰하였다[3]. 최소 3일간의 건축 상지 사용 제한은 영구적인 유용한 한측 상지의 움직임을 가져왔다. 특히 상지의 유용한 사용을 위하여는 행동형성(shaping)이라는 훈련을 요하는데, 행동형성은 원하는 행동을 얻기 위하여 그 방향으로의 행동에 긍정적 보상을 해 주며 점점 원하는 행동에 가까워지도록 조작 조건화(operant conditioning)를 하는 것이다. 예를 들면 원숭이의 한측 상지 움직임을 위하여 한측 상지로 움직일 때 원하는 음식을 얻도록 해 주고, 점점 그릇과 음식의 크기를 작게 하여 한측 상지의 섬세한 움직임이 일어나도록 하는 훈련이다.

Taub [3]은 '학습된 비사용(learned nonuse)'이라는 개념을 제안하였다. 즉, 한측의 상지를 움직이지 못하는 것은 직접적 신경학적 손상으로부터 전적으로 유발된 것이 아니고, 부분적으로는 행동학적으로 조건화되고 유지된다는 것이다. 그러므로 기능적 장애의 상당부분은 학습화된 것이므로 비학습화도 가능하다고 할 수 있다. Taub은 인간의 신경손상에서도 같은 개념으로 치료 프로그램을 제안하였는데 여기에는 4가지를 포함하였다. 첫째, 건축을 제한, 둘째, 한측의 훈련에 행동형성 개념을 포함, 셋째, 환자가 충분히 훈련을 이해하고 수행할 수 있어야 함, 넷째, 치료사가 환자를 잘 동기화할 수 있도록 훈련되어야 함이다.

Halberstam 등[4]이 만성 뇌졸중 환자에서 연구를 시행한 바 있다. 본격적 연구는 Ostendorf와 Wolf [5]와 Emory 대학의 Wolf 등[6]에 의하여 22명의 만성 뇌졸중 및 뇌손상 환자에서 이루어졌다. 이 연구에서는 'forced use'의 개념을 사용하였는데, 2주간 건축 상지를 슬링(sling)으로 사용제한하고, 환측은 손가락과 손목의 신전이 가능하였으므로 특별한 훈련을 하지 않고 일상생활에서 사용하도록 하였다. 치료 후 상지 사용 시간과 힘이 증가하였으나, 움직임의 질은 호전되지 않았다. 효과는 1년 동안 지속되었다.

1993년에 Alabama 대학의 Taub 등[7]은 1980년에 제안한 치료프로그램을 뇌졸중 환자에 사용하였다. 4명의 만성 뇌졸중 환자들이 2주간 건축 상지를 슬링으로 제한하고 환측을 하루 6시간 동안 집중훈련(massed practice)을 시행하였다. 결과측정은 Motor Activity Log (MAL)라는 새로운 측정도구를 사용하였다. 0-5점 척도로 되어 있으며 일상생활 동작에서 사용하는 한측의 사용양과 질을 환자의 보고로 측정하는 것이다. 또 다른 결과측정은 Wolf Motor Function Test (WMFT)로 하였으며 이는 운동의 질을 평가하는 것이다. 5명의 만성 뇌졸중 환자들을 대조군으로 하였다. 결과는 치료군에서 MAL과 WMFT에서 모두 의미 있는 향상을 보였다.

이후 Taub 등[8]은 상기 연구에 행동형성의 개념을 추가하였다. 즉, 한측의 기능적 활동을 위한 집중훈련, 훈련 과정에 행동형성 과제, 건축은 깨어있는 시간의 90%동안 사용 제한을 하였다. 2주간 6시간의 치료를 시행한 결과 WMFT 및 MAL에서 의미 있는 호전을 보였으며, 이러한 결과는 다른 연구들에서 유사하였다.

표준 건축 상지 운동 제한 치료법

표준 CIMT는 다음 두 요소를 가지고 있다. 첫째는 건축 상지를 깨어 있는 시간의 90% 동안 제한한다. 둘째는 한측 상지로 하루 6시간 동안 집중훈련을 시행하여야 하며 행동형성을 주 훈련방법으로 사용한다. 한측 상지의 '학습된 비사용'을 극복하기 위하여 한측 상지의 작은 성공에도 보상을 주게 되며 이러한 조작조건화는 한측 상지의 내재된 능력을 강화시켜 주며 점점 어려운 과제도 수행할 수 있게 된다는 가정이다.

대상 환자는 환측 상지의 최소한의 근력이 필요한데, 손목은 최소 10도 신전, 엄지 손가락은 최소 10도 신전 또는 외전, 그리고 다른 손가락 2개 이상에서 10도 신전이 있어야 하며 이러한 움직임은 1분간 3번 반복할 수 있어야 한다[7].

Extremity Constraint Induced Therapy Evaluation (EXCITE) 연구는 CIMIT에 대한 대규모 무작위대조시험으로 뇌졸중 후 3-9개월 된 환자들을 대상으로 하였다. 결과는 2주간 CIMIT치료는 상지기능을 회복시켰으며 최소 1년간 그 효과가 지속되었다[9]. EXCITE 연구는 6개월 이상 된 만성 뇌졸중 환자에서도 기능의 회복을 얻을 수 있었다는 점에서 '시간이 뇌라는 개념에서 '훈련이 새로운 뇌라는 패러다임의 변환을 가져왔다. 또한 특정 환자에서 특정 치료법이 필요하다는 재활치료법 연구의 패러다임의 변환도 가져왔다[10].

건측 상지 운동 제한 치료법의 임상 적용 한계점

표준적인 CIMIT는 2-3주 동안 매일 6시간의 훈련과 깨어 있는 시간의 90% 동안 건측 상지 장갑 착용을 요한다. Page 등[11]은 208명의 뇌졸중 환자들 중 2/3 환자가 CIMIT에 대한 흥미를 보이지 않거나 동기가 부여되지 않았다고 하였다. EXCITE 연구에서는 접촉한 전체 환자의 6%만이 연구 대상이 될 수 있었는데, 15%는 너무 기능이 좋았고 11%는 너무 기능이 좋지 않았으며 나머지 68%는 기타 다른 이유(예, 내과적 또는 인지적 문제, 완전한 평가를 할 수 없는 시간상 문제, 뇌졸중 후 12개월 이상 경과)로 연구대상에서 제외되었다[9]. 국내에서는 26.1-46.7%의 중도 탈락을 보고하였고, 중도 탈락 이유로는 참여시간 부족, 혈압 증가, 의사소통의 어려움, 보행 치료 부족에 대한 불만, 허리 통증, 건측 상지 제한 글러브의 착용시 불편감, 보행 시 넘어질 것 같은 불안감, 외관상 보기 싫음 등이 있었다[12,13]. CIMIT는 시간과 인력의 측면에서 많은 투자를 요구한다. 이와 같은 투자를 현재의 의료보험에서는 급여하지 않고 있으며, 향후로도 그 전망은 밝지 않다. 그러므로 표준 CIMIT보다 더 적은 강도의 CIMIT의 효과, 건측 상지 제한이 꼭 필요한지에 대한 연구가 필요하다.

변형 건측 상지 운동 제한 치료법

하루 6시간의 집중 훈련을 요하는 표준 CIMIT는 피로하기 쉬운 뇌졸중 환자에게 너무 강한 치료가 될 수 있다. CIMIT의 임상 적용도를 높이기 위하여 치료시간과 치료방법을 변형한 여러 변형 CIMIT 방법들이 시도되고 있다.

Page 등[14]은 건측 상지에 슬링을 하고, 통상적 물리치료와 작업치료를 주 3시간 10주간 시행한 후 MAL, WMFT 등에서 의미 있는 호전이 있었으며, 이러한 변형 CIMIT가 뇌졸중 환자들에게 더 적합할 것으로 보고하였다. Sterr와 Freivogel [15]은 3주간 건측 상지를 제한하지 않고, 하루 90분 환측 상지의 행동형성을 시행 후 의미 있는 호전을 보고하였다. 국내에서는 2007년 6시간의 일대일치료를 제공하기 어려운 국내현실을 반영하여 6시간의 집단치료 형태의 변형 CIMIT를 시행하여 상지 운동 기능과 일상생활 동작 수행능력의 호전을 보고하였다[16]. 변형 CIMIT를 살펴보면 2-10주 동안, 하루 30분에서 3시간까지 치료를 시행하고 건측 상지 제한은 하루 6시간 이내에서 이루어진다. 변형 CIMIT의 총 치료시간은 종종 표준 CIMIT의 총 치료시간을 넘어선다. 환자에게 매일의 치료 부담은 적으나, '학습화된 비사용'이 극복될 수 있을지는 미지수이며 변형 CIMIT의 연구결과는 일관성이 부족하다.

13개의 무작위대조시험을 포함하는 최근의 메타분석에 의하면 변형 CIMIT가 전통적 재활치료방법과 비교하여 환측 상지 사용 능력과 시간을 호전시켰으나 운동학적(kinematic) 분석에는 의미 있는 차이를 보이지 못했다[17]. 한편으로, 치료의 임상 적용도를 높이기 위하여 변형된 치료방법이 필요하지만 치료효과를 보장하는 최소한의 치료시간 역치를 고려하여야 한다. 2주 동안 환측의 반복적 운동을 하루 10분 시행한 경우에는 기능적으로도 도움이 되지 않았다[18].

건측 상지 운동 제한 치료법 기전

1. 학습된 비사용의 극복

Taub [3]의 구심로 차단 모델에서 원숭이는 수술 후 일상 생활 동작에서 환측을 사용할 때 어려움에 직면하고 반복된 실

패로 인해 환측을 사용하지 않도록 학습하게 되며, 한편으로는 건측을 사용할 때 부분적 성공을 경험하면서 건측을 사용하도록 학습하게 된다. 시간이 경과하면서 환측이 신경학적 회복을 이루게 되지만 이미 초기에 반복된 실패로 환측 사용을 포기하였기 때문에 잠재적 운동회복능력이 조건화된 억제 안에 있게 된다. 그러나, 이러한 잠재된 능력은 건측 상지를 사용 제한함으로써 다시 드러나게 된다. 환측 상지에 행동형성을 중점으로 하는 훈련을 시행하면 그 효과가 증대된다.

최소 두 가지의 다른 학습과정이 CIMIT 후 회복과정에 기여한다. 첫째는 조건 학습된 환측 상지의 비사용을 반전시킨다. 건측 상지를 억제시킴으로써 환자는 일상생활을 포기하거나 환측을 사용하도록 강요된다. 이를 통해서 학습된 비사용을 극복하게 된다. 둘째는 운동학습이다. 환측을 효과적으로 사용하는 방법을 서서히 점진적으로 배우게 된다. 여기에는 행동형성이라는 훈련과정이 도움이 된다.

2. 가소성을 통한 뇌 재조직화

뇌졸중 후 CIMIT 후의 뇌 재조직화는 경두개 자기자극, 기능적 뇌자기공명영상, 뇌자기공명영상 등을 이용한 뇌지도 연구를 통해 알 수 있다. 경두개 자기자극을 사용하여 짧은 엄지별림근에 대한 뇌지도를 작성하였으며 CIMIT 후 짧은 엄지별림근 영역이 두 배로 증가함을 보고하였다[19]. 기능적 뇌자기공명영상을 이용한 뇌피질 흥분도, 대사율, 혈액 흐름의 변화 등 생리적인 변화가 뇌에서 일어남을 보여주었다[20]. 기능적 뇌자기공명영상에 의한 생리적인 변화는 중요한 변화이지만, 다소 시간에 따른 변이가 있으며 신뢰도가 떨어진다. 구조적 뇌가소성을 보기 위하여 뇌자기공명영상에서 회색질(gray matter)의 양을 측정하였다. 환측 및 건측 대뇌 감각 및 운동 피질의 양이 증가하였다[21]. 그러므로 뇌졸중 후 CIMIT는 뇌의 생리적 및 구조적 변화를 통하여 뇌의 재조직화에 기여함을 시사한다.

건측 상지 운동 제한 치료법 메타분석 연구

뇌졸중 환자의 CIMIT에 대한 효과를 분석하기 위하여 최

근 메타분석 연구들을 정리해 본다. 2009년 Cochrane 리뷰는 성인 뇌졸중 환자를 대상으로 CIMIT, 변형 CIMIT 또는 forced use에 대한 무작위대조시험을 2008년 6월까지 분석한 바, 19개 연구를(619명) 메타분석하였다. 건측 상지 제한 시간은 하루 2.7-9시간, 운동은 2-10주 동안 주 3-45시간 시행하였다. 19개 연구 중 6개의 연구(184명)에서 일차 결과변수인 장애는 치료 직후 중등도의 호전을 보였다(표준 평균 차이 0.36, 95% confidence interval [CI] 0.06 to 0.65). 2개의 연구에서 치료 후 3-6개월 후 장애는 의미 있는 호전을 보이지 않았다. 향후 양질의 무작위대조시험의 방향으로 CIMIT에 가장 적합한 환자군을 찾는 것, CIMIT의 적절한 치료방법 등을 제안하였다[22].

2010년 Cochrane 리뷰를 업데이트하기 위하여 2010년 4월까지의 무작위대조시험을 분석하여 일차 결과변수는 장애, 이차 결과변수는 운동기능으로 하였다. 4개의 새로운 연구를 추가하여 모두 18개의 연구를 분석하였다. 건측 상지 제한은 하루 5-8시간이었으며, 운동시간은 2-10주 동안 주 5-45시간이었다. 장애를 결과변수로 본 18개의 연구(276명)에서 치료의 효과를 입증하지 못하였다(표준 평균 차이 0.21, 95% CI -0.08 to 0.50). 팔 기능을 결과변수로 본 14개의 연구(479명)에서는 중등도의 호전을 보였다(표준 평균 차이 0.44, 95% CI 0.03 to 0.93). 향후 연구로 연구 대상 수가 적은 여러 개의 무작위대조시험을 메타 분석하기보다는 한 개의 연구라도 연구 대상 수를 증가시킨 국가적 또는 국제적 연구를 시행할 것을 제안하였다[23].

핀란드어, 스웨덴어, 영어, 독일어 출판된 논문들을 포함하는 2011년 5월까지의 무작위대조시험에 대한 메타분석을 시행하였다. CIMIT와 변형 CIMIT에 대한 연구를 포함하였으며 forced use에 대한 연구는 제외하였다. 30개 연구 중 27개의 연구는 2001년에서 2011년 사이에 출판되었다. 2주에 걸쳐 60-72시간 동안 시행하였으며 물건을 운반하고 움직이고 다룰 수 있는 운동능력이 증가하였다. 2주간 20-56시간, 3주간 30시간, 10주간 15-30시간의 CIMIT는 상지 운동성을 호전시켰다. 그러나 결과변수가 자기관리인 경우는 오직 3주 30시간의 CIMIT만이 호전을 보였다[24].

변형 CIMIT와 전통적 재활을 비교한 체계적 고찰 및 메타

분석에서 13개의 무작위대조시험(273명)을 분석한 결과 변형 CIMT는 장애를 감소시키고, 환측 상지 사용 능력을 호전시켰고, 일상생활에서 환측 상지 사용시간을 증가시켰으나, 운동학적 분석에는 의미 있는 차이를 보이지 못했다[17].

임상진료지침

CIMT에 대한 외국의 임상진료지침을 살펴보면 발병 후 한 달 이후에는 적용이 가능한 환자에 치료 시행을 권고하고 있다. 미국, 캐나다 및 호주의 권고수준은 'A', 스코틀랜드의 권고수준은 'B'다. 그러나, 미국과 캐나다에서는 발병 한 달 이내에는 치료시행을 자제할 것을 권고하고 있다[25-28]. 2009년 발표한 한국의 표준지침에는 아급성기 및 만성기 뇌졸중 편마비 환자들 중, 손목의 능동적 신전, 엄지손가락의 능동적 외전 및 2개 이상의 손가락의 능동적 신전이 10도 이상이고 이동과 보행의 독립적 수행 시의 균형 능력이 충분히 있는 경우, CIMT를 강력히 권고하고 있다[29].

향후 과제

CIMT는 무작위대조시험을 통한 근거가 잘 마련된 재활 치료법의 선두 주자이지만 아직도 적절한 치료양과 강도, 건측의 제한 시 반드시 물리적 억제(restraint)가 필요한지, 집중훈련을 시행할 것인지 행동형성을 할 것인지 등에 대한 세부적 지침에 대한 근거는 아직 부족하다. 또한 뇌졸중의 여러 유형의 환자들 중 어떤 군의 환자들인 CIMT에 가장 좋은 반응을 보일지에 대한 연구도 아직 부족하다.

현재까지의 CIMT는 아급성기 또는 만성기 뇌졸중 환자들을 주로 대상으로 하고 있으며 급성기의 연구는 미미하다. 급성기 환자를 대상으로 전통적 치료와 CIMT를 비교한 연구에서, CIMT의 강도를 달리하여 한 군은 전통적 치료와 같은 강도의 변형 CIMT, 다른 한 군은 고강도의 표준 CIMT를 시행하였다. 고강도의 CIMT는 하루 3시간 행동형성과 깨어 있는 시간의 90% 동안 건측 상지 제한을 하였으며 전통적 치료 강도의 변형 CIMT는 하루 2시간 행동형성과 하루 6시간 건측 상지 장갑 착용을 하였다. 전통적 작업치료는 1시간의

일상생활동작 훈련과 1시간의 양측 상지 작업치료를 시행하였으나 집중 훈련, 행동형성, 건측 상지 제한은 시행하지 않았다. 결과는 고강도의 CIMT는 전통적 재활치료보다 발병 후 90일에 측정된 Action Research Arm Test 등 운동능력 향상이 적었으며, 변형 CIMT는 전통적 재활치료와 같은 효과를 보여 급성기의 CIMT의 효과를 보여주지 못했다[30].

최근에는 다른 치료법과의 상승효과에 대한 기대가 높아지고 있다. 즉, 로봇치료, 가상현실치료, 심상치료(mental imagery), 약물치료, 경두개 자기 또는 전기자극치료 등 최근 기술의 발전과 함께 대두되고 있는 새로운 치료법들과 같이 치료함으로써 그 치료효과를 올릴 수 있는지에 대한 향후 연구가 기대된다[31].

결론

CIMT는 뇌졸중 환자의 상지 재활을 위한 치료 방법으로 대규모 무작위대조시험을 통하여 그 효과가 입증된 새로운 치료방법이다. 경험에 근거한 전통적 치료방법과는 달리 근거에 기반한 새로운 치료방법으로 뇌졸중 환자 중에서도 환측 손목과 손가락의 일정한 근력을 가진 환자를 대상으로 하기 때문에 특정 환자에서 특정한 치료를 제시한다라는 새로운 패러다임을 제시하였다. 그러나, 치료시간과 인력이 많이 소요되며, 치료에 적합한 환자비율이 적으며, 치료에 대한 중도 탈락률이 높아 임상적용에 어려움을 가지고 있다. 이를 극복하기 위하여 표준 CIMT의 치료시간과 방법을 변형한 변형 CIMT에 대한 효과가 연구되고 있다. 향후는 기술의 발전과 함께 새로운 재활치료 방법으로 출현한 로봇치료, 가상현실치료, 줄기세포치료, 경두개 자기 또는 전기자극치료 등의 치료방법과 같이 치료함으로써 얻어지는 상승효과에 대한 연구, CIMT의 작용기전에 대한 연구, 치료의 적절한 시작 시기에 대한 연구에 많은 노력이 필요하다.

핵심용어: 건측 상지 운동 제한 치료; 뇌졸중; 기능회복; 상지

REFERENCES

1. Bonita R, Mendis S, Truelsen T, Bogousslavsky J, Toole J, Yatsu F. The global stroke initiative. *Lancet Neurol* 2004;3:391-393.

2. Wolf SL, Thompson PA, Winstein CJ, Miller JP, Blanton SR, Nichols-Larsen DS, Morris DM, Uswatte G, Taub E, Light KE, Sawaki L. The EXCITE stroke trial: comparing early and delayed constraint-induced movement therapy. *Stroke* 2010; 41:2309-2315.
3. Taub E. Somatosensory deafferentation research with monkeys: implications for rehabilitation medicine. In: Ince LP, editor. *Behavioral psychology in rehabilitation medicine: clinical applications*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1980. p. 371-401.
4. Halberstam JL, Zaretsky HH, Brucker BS, Guttman AR. Avoidance conditioning of motor responses in elderly brain-damaged patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1971;52:318-327.
5. Ostendorf CG, Wolf SL. Effect of forced use of the upper extremity of a hemiplegic patient on changes in function: a single-case design. *Phys Ther* 1981;61:1022-1028.
6. Wolf SL, Lecraw DE, Barton LA, Jann BB. Forced use of hemiplegic upper extremities to reverse the effect of learned nonuse among chronic stroke and head-injured patients. *Exp Neurol* 1989;104:125-132.
7. Taub E, Miller NE, Novack TA, Cook EW 3rd, Fleming WC, Nepomuceno CS, Connell JS, Crago JE. Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 1993;74:347-354.
8. Taub E, Crago JE, Burgio LD, Groomes TE, Cook EW 3rd, DeLuca SC, Miller NE. An operant approach to rehabilitation medicine: overcoming learned nonuse by shaping. *J Exp Anal Behav* 1994;61:281-293.
9. Wolf SL, Winstein CJ, Miller JP, Taub E, Uswatte G, Morris D, Giuliani C, Light KE, Nichols-Larsen D; EXCITE Investigators. Effect of constraint-induced movement therapy on upper extremity function 3 to 9 months after stroke: the EXCITE randomized clinical trial. *JAMA* 2006;296:2095-2104.
10. Kim MW. New therapeutic approaches in upper extremity rehabilitation. *Brain Neurorehabil* 2008;1:20-25.
11. Page SJ, Levine P, Sisto S, Bond Q, Johnston MV. Stroke patients' and therapists' opinions of constraint-induced movement therapy. *Clin Rehabil* 2002;16:55-60.
12. Choi SW, Kim KM, Jang SJ, Kim HJ, Kim SS, Son MO, Oh SY, Yoo YH, Seo JH. The Importance of motivation and dropping out from treatment in constraint-induced movement therapy for stroke patients. *J Korean Acad Rehabil Med* 2008;32:20-25.
13. Kim DY, Park CI, Chang WH, Jang YW. Effect of constraint-induced movement therapy in chronic hemiplegic patients. *J Korean Acad Rehabil Med* 2003;27:813-818.
14. Page SJ, Sisto S, Johnston MV, Levine P. Modified constraint-induced therapy after subacute stroke: a preliminary study. *Neurorehabil Neural Repair* 2002;16:290-295.
15. Sterr A, Freivogel S. Motor-improvement following intensive training in low-functioning chronic hemiparesis. *Neurology* 2003;61:842-844.
16. Son MO, Kim ES, Park SW, Kim KM, Jang SJ, Oh JK. The effect of modified constraint-induced movement therapy for the stroke patients in inpatient setting. *J Korean Acad Rehabil Med* 2007;31:56-62.
17. Shi YX, Tian JH, Yang KH, Zhao Y. Modified constraint-induced movement therapy versus traditional rehabilitation in patients with upper-extremity dysfunction after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil* 2011;92:972-982.
18. Woldag H, Waldmann G, Heuschkel G, Hummelsheim H. Is the repetitive training of complex hand and arm movements beneficial for motor recovery in stroke patients? *Clin Rehabil* 2003;17:723-730.
19. Liepert J, Bauder H, Wolfgang HR, Miltner WH, Taub E, Weiller C. Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke* 2000;31:1210-1216.
20. Schaechter JD, Kraft E, Hilliard TS, Dijkhuizen RM, Benner T, Finklestein SP, Rosen BR, Cramer SC. Motor recovery and cortical reorganization after constraint-induced movement therapy in stroke patients: a preliminary study. *Neurorehabil Neural Repair* 2002;16:326-338.
21. Gauthier LV, Taub E, Perkins C, Ortmann M, Mark VW, Uswatte G. Remodeling the brain: plastic structural brain changes produced by different motor therapies after stroke. *Stroke* 2008;39:1520-1525.
22. Sirtori V, Corbetta D, Moja L, Gatti R. Constraint-induced movement therapy for upper extremities in stroke patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2009;(4):CD004433.
23. Corbetta D, Sirtori V, Moja L, Gatti R. Constraint-induced movement therapy in stroke patients: systematic review and meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med* 2010;46:537-544.
24. Peurala SH, Kantanen MP, Sjogren T, Paltamaa J, Karhula M, Heinonen A. Effectiveness of constraint-induced movement therapy on activity and participation after stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Rehabil* 2012;26:209-223.
25. Australia National Stroke Foundation (Australia). *Clinical guidelines for stroke management 2010*. Melbourne: National Stroke Foundation; 2010.
26. Canadian Stroke Network. *Canadian best practice recommendations for stroke care 2010*. Ottawa: Canadian Stroke Network; 2010.
27. Management of Stroke Rehabilitation Working Group. VA/DOD Clinical practice guideline for the management of stroke rehabilitation. *J Rehabil Res Dev* 2010;47:1-43.

28. Scottish Intercollegiate Guidelines Network. Management of patients with stroke: rehabilitation, prevention and management of complications, and discharge planning: a national clinical guideline. Edinburgh: Scottish Intercollegiate Guidelines Network; 2010.
29. Kim YH, Han TR, Jung HY, Chun MH, Lee J, Kim DY, Paik NJ, Park SW, Kim MW, Pyun SB, Yoo WK, Shin YI, Kim IS, Han SJ, Kim DY, Ohn SH, Chang WH, Lee KH, Kwon SU, Yoon BW. Clinical practice guideline for stroke rehabilitation in Korea. Brain Neurorehabil 2009;2:1-38.
30. Dromerick AW, Lang CE, Birkenmeier RL, Wagner JM, Miller JP, Videen TO, Powers WJ, Wolf SL, Edwards DF. Very Early Constraint-Induced Movement during Stroke Rehabilitation (VECTORS): a single-center RCT. Neurology 2009;73:195-201.
31. Blanton S, Wilsey H, Wolf SL. Constraint-induced movement therapy in stroke rehabilitation: perspectives on future clinical applications. NeuroRehabilitation 2008;23:15-28.



Peer Reviewers' Commentary

본 논문은 뇌병변으로 인한 편마비환자의 운동재활 방법으로 주목받고 있는 건측 상지 운동 제한 치료법에 대한 역사와 이론적 배경, 적용방법, 현재까지의 근거, 발전방향에 대하여 기술하고 있다. 이 치료법은 기존의 고식적 재활운동치료법들에 비하여 효과와 제한점이 확인된 비교적 뚜렷한 근거를 가지고 있다. 필자가 기술한 대로 운동회복지표들을 사용한 임상적인 효과 평가에 더하여 최근 발달한 뇌영상학, 뇌신경학적 측정방법들을 사용한 연구를 통한 근거가 다양하게 제시되고 있다. 이를 근거로 우리나라를 포함한 외국의 여러 임상지침에서 사용이 권장되고 있다. 건측 상지 운동 제한 치료법은 그 뚜렷한 효과에도 불구하고 적용대상환자의 범위가 제한적이고 치료과정이 어려운 점이 있어 환자에 적용할 때 이를 충분히 고려해야 할 것이다. 또한 향후 연구를 통하여 가장 최선의 적용방법(시기, 강도, 적용기간 등)을 찾아 발전시켜야 할 필요가 있다.

[정리: 편집위원회]