

시열반응과제를 통한 정신 훈련과 실제 훈련의 효과

권용현*, 장종성**, 홍지현**, 김중선***

*대구대학교 대학원 재활과학과

**대구대학교 재활과학대학원 물리치료학과

***대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

국문초록

목적 : 운동학습은 신체적인 연습과 경험의 결과로 동작에 대한 기술 습득의 과정으로 표현된다. 최근 정신적 훈련을 통해 운동 기술의 습득이 이루어질 수 있다는 연구가 많이 보고되고 있다. 본 연구는 시열반응과제를 통하여 실제 훈련과 정신 훈련의 효과에 대해 연구하고자 하였다.

연구방법 : 50명의 정상 성인을 대상으로 정신 훈련군, 실제 훈련군, 대조군으로 무선적 배치하였다. 측정된 시열반응과제는 컴퓨터 화면에 제시되는 네 가지의 색깔에 대응하는 반응패드를 손가락을 이용하여 최대한 빨리 정확히 누르도록 하고, 반응 시간을 측정하였다. 정신 훈련군과 실제 훈련군은 정신 및 실제 훈련을 하루 30분, 2주 동안 훈련하였고, 훈련 시간은 동일하게 설계하였다.

결과 : 이요인 반복 측정 공분산 분석의 집단 간의 주 효과 검정에서 통계학적으로 유의한 차이가 관찰되었으며, 집단×훈련 전·후 간의 상호작용에서도 유의한 차이가 관찰되었다($p<.05$). 또한 사후 검정에서 정신 훈련군과 대조군, 실제 훈련군과 대조군에서 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 이러한 결과는 훈련 후 대조군에서의 시간의 감소보다 정신 훈련군과 실제 훈련군에서의 과제 수행 시 시간의 감소가 더 크게 나타났다.

결론 : 본 연구에서는 정신 훈련군에서 실제 훈련군과 같이 운동 학습의 효과가 나타났으며, 정신 훈련은 효과적인 운동학습을 위한 방법임이 입증되었다. 그러므로 운동제어와 인지학습을 시켜야 하는 재활 영역에서 뇌손상 환자에게 학습을 시키기 위한 방법으로 정신 훈련을 채택할 수 있으며, 마비측의 실제 훈련을 수행하기에 어려운 상황에서는 정신 훈련이 더 효과적일 수 있고, 실제 훈련과 비슷한 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

주제어 : 시열반응과제, 운동학습, 정신훈련

I. 서 론

일상생활에서 이루어지고 있는 수많은 동작들은 그 과제의 난이도가 쉬운 것이든 어려운 것이든 반복적인 수행을 통해 내적, 또는 외적인 정보를 획득하여 숙련된 운동 기술을 습득하게 된다. 이러한 숙련된 수행에 필요한 능력을 지속적으로 변화시키는 연습과 경험의 과정을

운동학습이라 한다(Squire & Zola, 1996). 이러한 운동학습은 감각의 처리 과정, 운동 제어, 운동 기술 습득을 포함한 개념이며, 다양한 조건에서 학습된 기술을 정확하게 수행하는 능력과 이를 기억 및 보유하는 것을 말하고, 현재까지 많은 연구자들의 지속적인 연구 대상으로 남아있다(Leonard, 1997).

운동 기술의 습득과 보유를 위해서는 신체적으로 수

행되는 반복적인 연습과 경험이 필요하다. 그러나 최근 정신적 훈련을 통해 운동 기술의 습득이 이루어질 수 있다는 연구가 스포츠 심리학, 인지 심리학, 인지과학, 물리치료 및 작업치료 분야 등 다양한 분야에서 연구되고 있다(구우영과 박이섭, 2005; 김영재와 김재훈, 2005; 김종순, 이근희와 배성수 등, 2003; 김효찬, 2004; Jackson, Lafleur, Malouin, Richards, & Doyon, 2001). 인간은 심상(imagery)이라고 알려진 기능을 가지고 있어 외적으로 수행되는 신체 활동의 수행 없이 지각 및 운동과 관련된 정신적인 상관성을 유발할 수 있는 능력이 있다. 특히, 운동의 신체적인 수행 없이 활동기억(working memory)에서 생성되는 특정한 동작의 내적 인지과정을 운동 심상(motor imagery)이라 한다. 이와 같은 운동 심상은 한번 또는 몇 번의 심상 과정을 통하여 하나의 동작이 나타나는 반면, 정신 훈련(mental practice)은 새로운 능력을 배우거나, 알고 있는 기술을 숙달하기 위한 의도로 여러 번에 걸쳐 같은 동작을 마음속으로 반복하는 과정이다(Jackson et al., 2001; Jackson, Lafleur, Malouin, Richards, & Doyon, 2003; Warner & McNeill, 1988). 운동 심상을 포함한 정신 훈련은 다양한 인지 과정을 통하여 운동 수행 능력을 향상시키는데 효과적인 수단으로 알려져 있다(Dickstein, Dunsky, & Marcovitz, 2004; Page Levine, Sisto, & Johnston, 2001; Stevens & Stoykov, 2003).

움직임의 실제 수행과 정신 훈련의 기능적 관련성에 대한 최근의 연구들에 의하면, 정신 훈련을 통해 스포츠 활동의 수행력 향상과 더불어, 경기 전 인지 불안의 정도를 감소시키는 효과가 있다고 하였고, 이를 응용하여 가상현실을 이용한 정신 훈련의 활용을 제안한 연구도 있다(구우영과 박이섭, 2005; 김영재와 김재훈, 2005; 김효찬, 2004). 그 외에도 근력의 증가와 자동제어의 활성화도가 높아지고, 운동 제어에 있어서도 비슷한 성취가 있음이 보고되었다(Paccalin & Jeannerod, 2000; Yue &

Cole, 1992). 정상인을 대상으로 한 연구와 더불어, 뇌손상으로 인해 편마비를 가진 뇌졸중 환자를 대상으로 정신 훈련을 적용하여 상지 기능 및 보행 능력의 실제적인 수행 능력이 향상되었다는 많은 연구가 보고되고 있다(박은영과 정보인, 1998; Crosbie, McDonough, Gilmore, & Wiggam, 2004; Dijkerman, Letswaart, Johnston, & MacWalter, 2004; Stevens & Stoykov, 2003). 또한, 양전자단층촬영(PET)이나 기능적 자기공명영상(fMRI)을 이용한 뇌지도화 연구(brain mapping)에서 정신 훈련 후 변화하는 대뇌피질의 활성화가 실제 훈련과 유사한 유형으로 나타난다고 하였다(Jackson et al., 2003; Malouin, Richards, Desrosiers, & Doyon, 2004).

따라서 본 연구에서는 운동학습 패러다임으로 가장 보편적으로 사용되는 시열반응시간과제(serial reaction time task; SRTT)를 사용하여 정신 훈련이 실제 훈련과 같이 운동 수행 능력을 향상시킬 수 있는지 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 학력 수준이 비슷한 표집 선정을 위해 4년제 대학교의 특정 학과에 재학 중인 만 30세 미만의 Edinburg Handedness Inventory에서 주용손이 오른 손으로 판명된 성인 50명을 대상으로 정신 훈련군, 실제 훈련군, 대조군으로 무선 할당하였다(Oldfield, 1971). 연구대상자의 선별은 과거 병력에 신경학적 질환 및 최근 5년 동안 상지에 근골격계 질환을 호소하거나, 최근 1년 동안 본 실험과 비슷한 실험 대상으로 선별되었던 자는 제외하였다. 모든 대상자는 실험에 참가하기 전 연구 목적과 방법에 대하여 충분한 설명과 자발적 동의 후 연구에 참여하였다. 대상자의 일반적 특성은 다음과 같았고,

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

(M±SEM)

	정신 훈련군	실제 훈련군	대조군	p
성 별 (남/여)	8 / 8	9 / 8	8 / 9	0.943
나 이 (평균±표준오차)	24.38±0.86	23.71±0.41	24.16±0.61	0.705

나이와 성별은 유의한 차이가 없었다.

2. 실험 방법

1) 측정 및 훈련 도구

시열반응시간과제는 네 개의 반응 버튼을 가진 반응 패드(RB-830, Cedrus, USA)와 반응 과제를 구성하기 위한 자극 제공 프로그램(SuperLab Pro version 2.04, Cedrus, USA)이 설치된 개인용 컴퓨터를 사용하여 훈련 및 훈련 전후의 측정과제로 사용되었다. 대상자는 주관절이 90°가 되도록 높이 조절이 가능한 탁자 앞에 편안한 자세로 앉아 눈높이에 있는 컴퓨터 모니터를 응시하고, 오른손의 엄지에서 약지까지 네 개의 손가락을 반응 패드 위의 버튼에 차례로 올려놓았다. 엄지는 첫 번째 버튼인 빨강색 버튼, 검지는 노란색, 중지는 초록색, 약지는 파란색 버튼에 위치하도록 하였다. 자극의 제공은 컴퓨터 모니터 상의 검은색 바탕에 빨강, 노랑, 초록, 파랑의 네 가지의 서로 다른 색깔의 원 모양이 동일한 위치에 연속적으로 나타나도록 구성하였고, “시작”이란 신호가 모니터에 표시된 후, 대상자는 이에 상응하는 반응 버튼을 가능한 한 빨리 누르도록 하였고, 정확하게 일치하는 색깔의 버튼을 눌렀을 때, 다음 색의 원이 연속적으로 제공되도록 하였다(그림 1).

2) 측정 방법

본 과제에 대한 반응시간의 측정은 각각의 훈련 전과 훈련 후에 측정되었고, 자극은 네 가지 색깔이 12회 무선적으로 제시되는 것을 하나의 단위로, 10회 반복되는



그림 1. 시열반응시간과제에 사용한 도구

것을 1 블록으로 설정된 무선 설계(random design)로, 총 3 블록을 수행하는 동안 반응시간을 측정하였다. 측정에 앞서 버튼의 위치에 대한 숙련을 위해 30초 동안 연습을 실시하였다. SuperLab Pro version 2.04 프로그램을 사용하여 자극이 제시되는 순간부터 그에 상응하는 버튼을 정확하게 누를 때까지의 반응시간을 ms 단위로 측정하였고, 부정확한 반응에 대한 오류 횟수와 반응 시간은 분석에서 제외하고, 모든 반응 시간의 평균값을 계산하였다.

3) 훈련 방법

실제 훈련군은 훈련전과 훈련후의 동일한 측정 도구와 방법으로 진행되었고, 노랑-초록-빨강-초록-파랑-빨강-노랑-파랑-빨강-초록-노랑-파랑의 순서로 12개의 과제가 하나의 단위로 구성된 분단 설계(block design)가 적용되었다. 정신 훈련군은 실제 훈련에서의 시각적 자극을 제공하는 대신, “노랑 버튼을 누르는 것을 상상하세요”란 명령과 같이, 사전에 녹음된 연구자의 구두적인 명령에 따라 대상자가 상상으로 버튼을 누르는 것을 훈련하였다. 훈련 기간은 총 2주 동안, 주 5일 동안 실시하였고, 12개의 색깔이 모두 제시되는 것을 하나의 단위로, 총 10회 반복되는 것을 한 블록으로 설정하고, 다섯 개의 블록이 5분 동안 훈련되도록 설계하여 5분 훈련, 2분 30초 휴식을 총 4번 반복하여 하루 약 30분의 훈련을 적용하였다. 정신 훈련군과 실제 훈련군은 동일한 설계로 진행되었고, 제시되는 자극의 시간을 동일하게 하여 훈련 시간을 동일하게 적용되도록 설계하였다. 대조군에게는 훈련 기간 없이 사전 검사를 한 뒤, 2주 후에 사후 검사를 실시하였다.

3. 분석 방법

실험의 결과는 SPSS 12.0 for window를 이용하여 실험군과 대조군의 성별의 집단별 분포 차이를 알아보기 위해 카이스퀘어 검정을 실시하였고, 나이에 대한 집단간의 차이는 일원배치분산분석으로 검정하였다. 집단간의 차이 및 훈련 전후의 반응시간 차이를 검정하기 위해 이요인 반복 측정 공분산 분석(two-way repeated measurement of ANCOVA)을 사용하였다. 집단간 요인 및 훈련 전과 후의 반복 요인이 독립변인이며, 각 집단

의 훈련 전에 측정된 반응시간이 공변인으로 분석되었고, 사후분석은 LSD를 이용하여 훈련 후의 집단 간 차이를 검정하였다. 통계학적 유의 수준은 .05로 설정하였다.

III. 연구 결과

정신 훈련군의 반응시간은 훈련 전 24.83 ± 1.13 (평균±표준오차)에서 훈련 후 20.43 이었고, 변화율은 -4.41 ± 0.77 이었다. 실제 훈련군은 훈련 전 24.4 ± 0.63 에서 훈련 후 20.28 ± 0.57 이었고, 변화율은 -4.11 ± 0.89 이었다. 대조군은 초기 측정 시 25.65 ± 1.54 에서 3주 후 재측정 시 24.79 ± 1.80 이었고, 변화율은 -0.89 ± 0.99 이었다(표 2).

이요인 반복 측정 공분산 분석 결과는 집단 간의 주 효과 검정에서 통계학적으로 유의한 차이가 관찰되었으나, 훈련 전·후의 주 효과 검정에서는 유의한 차이가 없었다. 그러나 집단×훈련 전·후 간의 상호작용에서는 통계학적으로 유의한 차이가 관찰되었다(표 3). 일변량분산 분석을 통한 훈련 후의 집단간 반응시간의 차이 비교에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였고($F(2,47)=4.80$,

$P<.05$), 사후 검정에서 정신 훈련군과 대조군 및 실제 훈련군과 대조군에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($P<.05$)(그림 2). 변화율에 대한 집단간의 차이에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며($F(2,47)=4.92$, $P<.05$), 사후 검정에서 정신 훈련군과 대조군, 실제 훈련군과 대조군에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($P<.05$).

IV. 고 찰

정신 훈련은 크게 수행방법, 기간, 1회 연습시간, 반복 회수, 신체 연습과의 병행 등에 의해 운동 학습의 효과가 달라진다고 알려져 있으며(김종순 등, 2003), 특히 주의 집중을 유지하기 위해서 정신 연습의 시간이 5분 이내가 효과적이라고 하였다(Grouios, 1992). 정신 연습에 관한 국내 연구의 메타 분석을 살펴보면, 수행 되어진 연구 중 가장 많은 사례 수는 5분으로 나타나 있고, 정신 연습의 반복 횟수에 따른 학습 효과가 가장 높은 것이 15회 반복하는 것으로 나타났다(김병준과 한명우, 1995). 그러나 정신 연습을 1회 시행 할 때 반복하는 횟수와 학

표 2 수행 결과에 따른 반응시간의 변화

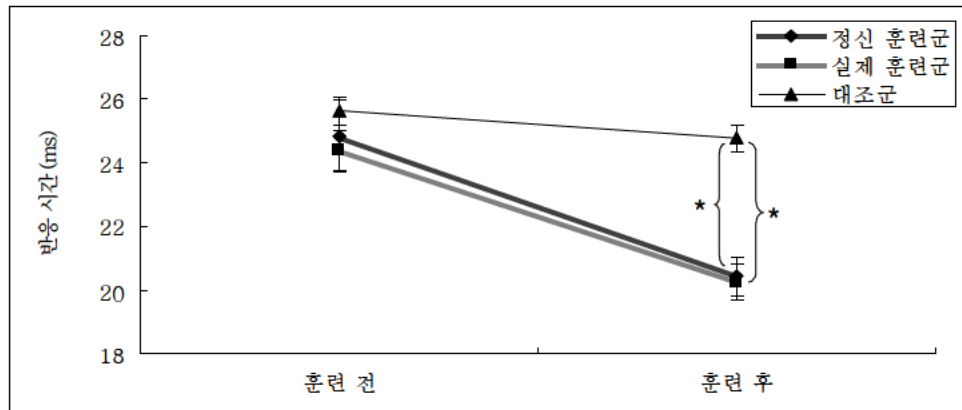
(M±SEM)

	훈련 전(ms)	훈련 후(ms)	변화율 (ms)
정신 훈련군	24.83 (1.13)	20.43 (0.57)*	-4.41 (0.77)*
실제 훈련군	24.40 (0.63)	20.28 (0.57)*	-4.11 (0.89)*
대조군	25.65 (1.54)	24.79 (1.80)	-0.86 (0.99)
유의 확률		$p<.05$	$p<.05$

표 3. 각 집단과 훈련 전·후의 이요인 반복 측정 공분산 분석 결과

	제 III 유형 제곱합	자유도	평균제곱	F	p
훈련 전·후	14.050	1	14.050	2.438	1.25
집 단	37.966	2	18.983	6.587	.003*
상호 작용	75.932	2	37.966	6.587	.003*
오차	265.152	46	5.764		

*: $p<.05$



*: $p < .05$

그림 2 훈련 전·후의 반응시간의 변화

습의 효과 사이에는 유의한 상관관계가 없는 것으로 밝혀져 정신 연습 1회 시행 시, 반복 횟수는 학습 효과에 영향을 미치지 않은 것으로 보고되고 있다. 정신 훈련의 방법은 크게 시각적 상상, 과제 언어화, 그리고 이 두 가지를 병행하여 수행하는 방법이 가장 많이 사용되고 있으나, 정신 연습의 수행 방법 간 차이 분석에서는 통계학적인 유의한 차이가 없었다(김병준과 한명우, 1995). Van Der Graaf, De Jong, Maguire, Meiners 과 Leenders(2004)에 의하면 SRT 과제의 경우 순서에 대한 명시적 지식으로의 전환을 막고 내잡 학습만을 체크하기 위하여 자극이 12회 반복되는 분단 설계(12구성)나 무선적 과제의 설계가 필요 하다고 하였다.

이에 본 연구에서의 SRT 과제의 훈련은 12개의 시각적 자극을 무선적으로 나열하고, 피검자에게 이러한 순서의 주기적 규칙성을 알리지 않았다. 또한 내잡 학습이 일어날 수 있도록 구성된 SRT 과제를 한 단위로 묶어 5분 훈련, 2분 30초 휴식을 총 4번 반복하여 총 30분의 훈련을 시행하였다. 이와 같이 내잡 학습이 일어날 수 있도록 구성된 SRT 과제에 대해 동일한 양의 정신 연습 훈련과 실제적 신체 훈련을 적용하였다. 정신 훈련군의 피검자에 대해 2주 동안, 일주일에 5일에 걸쳐 구두자극을 제공하고, 이를 상상하는 방법으로 실시하였으며, 실제 훈련군의 피검자에 대해서는 정신 훈련군에서 동일하게 구성된 SRT 과제에 대해 동일한 양으로 실제의 신체 훈련을 실시하였다.

그 결과, 이요인 반복 측정 공분산 분석의 집단 간의

주효과 검정에서 통계학적으로 유의한 차이가 관찰되었으며, 집단×훈련 전·후 간의 상호작용에서도 유의한 차이가 관찰되었다($P < .05$). 즉 각기 다른 훈련방법에 따라 집단간 수행시간의 변화값이 서로 다르게 나타남을 알 수 있었다. 또한 사후 검정에서 정신 훈련군과 대조군, 실제 훈련군과 대조군에서 유의한 차이를 보였다($P < .05$). 이러한 결과는 훈련 후 대조군에서의 시간의 감소보다 정신 훈련군과 실제 훈련군에서의 과제 수행 시 시간의 감소가 더 크게 나타나는 것을 의미하고 있다.

정상 성인에서 운동 심상과 실제수행을 비교한 뇌지도화 연구에 의하면, 실제 수행 뿐 만 아니라 운동 심상만으로도 보조운동영역(supplementary motor area), 소뇌, 전운동피질(premotor area), 띠이랑(cingulate gyrus), 상·하 두정엽, 일차운동피질영역(primary motor area)과 같이 움직임과 관련된 모든 영역이 활성화된다고 하였다(Jackson, 2003). 운동 심상과 실제 수행에서 나타나는 일치되는 활성영역은 신경계의 운동뉴런의 흥분성에 대한 실험에서도 나타나는데, 경두개자극자극(transcranial magnetic stimulation)을 이용한 연구에서 운동 심상과 실제 수행이 대뇌피질에 비슷한 촉진의 결과가 나타난다고 하였다. 이는 대뇌피질의 일시적인 내재적 유형이 두 가지 모두 일어나는지 측정한 것으로, 그 결과 정신 훈련군에서도 휴식을 취하고 있는 대조군과 달리 대뇌피질 흥분성의 촉진이 나타남을 알 수 있었으며, 이는 실제 수행 시와 비슷한 양상을 나타내었다(Fadiga et al., 1999; Hashimoto & Rothwell, 1999; Kiers, Fernando, &

Tomkins, 1997; Rossi, Pasqualetti, Tecchio, Pauri, & Rossini, 1998; Rossini, Rossi, Pasqualetti, & Tecchio, 1999). 이러한 선행연구들은 정신 훈련이 뇌에서 실제 훈련과 비슷한 효과가 있음을 뒷받침 해주고 있다. 한편, Fitts's law는 과제 수행의 복잡성과 난이도가 높은 과제일수록 더 많은 시간이 필요하고 그 정확도가 떨어진다는 과제의 난이도와 운동 수행에 대한 대표적인 법칙인데, 과거 20년간의 운동 심상과 실제수행의 관련성 연구에 의하면 두 가지의 움직임 모두 Fitts's law의 이론을 따르고 있다고 한다(Decety & Jeannerod, 1995). 본 연구의 결과 역시 정신 훈련과 실제 훈련을 통하여 과제수행 시간이 감소하는 것을 관찰할 수 있다. 이는 선행연구들이 채택한 법칙과 같이 훈련을 통한 과제의 학습으로 보다 쉬운 과제로 뇌에서의 제어활동이 변화되었음을 나타낸다.

이러한 학습과 더불어 기억(memory)의 기전에 대해서 보다 자세히 살펴보면, 인지기술과 운동기술의 학습을 지각-운동성 기술(perceptual-motor skill)"이라 표현하며(Pohl, McDowd, Fillion, Richards, & Stiers, 2001), 인지 학습은 두 가지로 분류 할 수 있다. 명시적 학습(explicit learning)은 사실과 사건에 대한 기억이며, 제어하는 것, 계획하는 것, 구체적인 것이다. 이와 달리, 내잠 학습(implicit learning)은 움직임에 대하여 자동적인 것, 부수적인 것, 추상적인 것이다(Forkstam & Petersson, 2005). 이러한 내잠 학습에서 과제의 자극은 패턴적, 순차적, 기능적인 세 가지 자극과 구성의 유창함, 능력, 예비적인 제어의 세 가지 반응들로 구성되어 진다(Seger, 1994). 내잠 학습은 연속 반응시간 과제를 통하여 많은 연구에서 조사되어지고 있다(Forkstam & Petersson, 2005). 예를 들어, 무선적 SRT과제의 참여자는 과제의 순서를 알아차리지 못하여도 과제가 반복적으로 수행되는 동안 더 빠른 반응시간을 성취한다. 이는 자극과 자극, 자극과 반응, 반응과 반응의 협력 또는 보다 예비적인 준비를 빠르게 함으로 반응시간의 감소를 보이는 것이다(Stadler & Frensch, 1998).

편마비 환자들은 전형적으로 경련, 근약화, 운동협응 이상이 나타난다. 이러한 병리적인 현상이 적어도 일부 분은 나타나게 되는데, 이는 움직임에 대한 신경계의 중재 약화와 행동수행에서의 정확한 반응의 소실이 뇌손상에 의하여 발생되고 추후의 비사용에 의해서도 나타나

된다. 과거 뇌졸중의 운동치료는 반복적인 수행으로 이를 치료하고자 하였다. 실제 훈련의 반복은 운동 활동의 증가를 가져오며, 보다 부드럽고 제어된 움직임을 발생시키고, 뇌의 사용을 촉진하여 신경계의 중재를 통한 수의적인 움직임을 재건하게 된다고 한다. 그러나 실제 수행은 손상된 부위의 수행에 의존하여 일어나지만(Beer, Dewald, & Rymer, 2000), 운동 심상은 외부적 자극 없이 감각의 회상을 통한 동작을 계획하는 것으로, 실제적 움직임 없이 내재적으로만 움직임을 상상으로 훈련하는 것이므로, 마비측의 경우에도 훈련을 할 수 있는 것이다(Warner & McNeill, 1988).

본 연구에서 정신 훈련으로도 실제 훈련과 유사한 학습효과를 나타냄을 확인한 결과, 운동제어와 인지학습을 시켜야 하는 재활 분야의 경우, 뇌손상 환자에게 학습을 시키기 위한 방법으로 정신 훈련을 채택할 수 있으며, 마비측의 실제 훈련을 수행하기에 어려운 상황에서는 정신 훈련이 더 효과적일 수 있고, 실제 훈련과 비슷한 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

연속반응과제를 이용하여 실제 훈련과 정신 훈련의 효과를 비교한 결과 두 가지 방법 모두 운동 기술의 습득이 증진되었고, 정신 훈련에서도 실제 훈련과 매우 비슷한 효과가 나타났다. 이러한 정신 훈련은 운동 심상을 통하여 동작의 실행을 준비하고 예측하는 동안에 운동 수행 능력을 향상시키며, 실제 훈련을 수행하기 어려운 뇌손상 환자의 기능적 활동을 재학습하고 실행하는데 효과적이다. 따라서 본 연구는 재활치료 영역에서 정신 훈련의 가치를 제공하고, 효과적인 치료계획을 세우는데 중요한 활용 가치를 제시하였다. 앞으로 뇌손상 환자 등의 실제 훈련 수행이 어려운 환자를 대상으로 정신 훈련을 시행한 연구가 더 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 구우영, 박이섭. (2005). 남자 하키선수의 penalty stroke 수행력 향상을 위한 심상훈련의 효과. *한국스포츠리서치*, 16(6), 175-184.
- 김병준, 한명우. (1995). 메타분석으로 본 정신 연습의 효

- 과: 국내 연구를 중심으로. *한국스포츠심리학회지*, 6(1), 67-88.
- 김영재, 김재훈. (2005). 스포츠 심상훈련에서 가상현실 기법의 활용 모색. *한국스포츠리서치*, 16(2), 423-434.
- 김중순, 이근희, 배성수. (2003). 정신연습의 기전과 적용 방법. *대한물리치료학회지*, 15(2), 231-238.
- 김효찬. (2004). 시각적 심상훈련이 볼링선수의 시합 전 상태불안과 경기력에 미치는 영향. *한국스포츠리서치*, 15(5), 745-756.
- 박은영, 정보인. (1998). 상상연습이 편마비 환자의 근력 증가에 미치는 영향. *한국전문물리치료학회지*, 5(2), 81-90.
- Beer, R. F., Dewald, J. P., & Rymer, W. Z. (2000). Deficits in the coordination of multijoint arm movements in patients with hemiparesis: Evidence for disturbed control of limb dynamics. *Experimental Brain Research*, 131(3), 305-319.
- Crosbie, J. H., McDonough, S. M., Gilmore, D. H., & Wiggam, M. I. (2004). The adjunctive role of mental practice in the rehabilitation of the upper limb after hemiplegic stroke: A pilot study. *Clinical Rehabilitation*, 18(1), 60-68.
- Decety, J., & Jeannerod, M. (1995). Mentally simulated movements in virtual reality: Does fitts's law hold in motor imagery?. *Behavioural Brain Research*, 72(1-2), 127-134.
- Dickstein, R., Dunsky, A., & Marcovitz, E. (2004). Motor imagery for gait rehabilitation in post-stroke hemiparesis. *Physical Therapy*, 84(12), 1167-1177.
- Dijkerman, H. C., Letswaart, M., Johnston, M., & MacWalter, R. S. (2004). Does motor imagery training improve hand function in chronic stroke patients? A pilot study. *Clinical Rehabilitation*, 18(5), 538-549.
- Fadiga, L., Buccino, G., Craighero, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Pavesi, G. (1999). Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: A magnetic stimulation study. *Neuropsychologia*, 37(2), 147-158.
- Forkstam, C., & Petersson, K. M. (2005). Towards an explicit account of implicit learning. *Current Opinion Neurology*, 18(4), 435-441.
- Grouios G. (1992). Mental practice: A review. *Journal of Sport Behavior*, 15, 42-59.
- Hashimoto, R., & Rothwell, J. C. (1999). Dynamic changes in corticospinal excitability during motor imagery. *Experimental Brain Research*, 125(1), 75-81.
- Jackson, P. L., Lafleur, M. F., Malouin, F., Richards, C., & Doyon, J. (2001). Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(8), 1133-1141.
- Jackson, P. L., Lafleur, M. F., Malouin, F., Richards, C. L., & Doyon, J. (2003). Functional cerebral reorganization following motor sequence learning through mental practice with motor imagery. *NeuroImage*, 20(2), 1171-1180.
- Kiers, L., Fernando, B., & Tomkins, D. (1997). Facilitatory effect of thinking about movement on magnetic motor-evoked potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 105(4), 262-268.
- Malouin, F., Richards, C. L., Desrosiers, J., & Doyon, J. (2004). Bilateral slowing of mentally simulated actions after stroke. *NeuroReport*, 15(8), 1349-1353.
- Leonard, C. T. (1997). *The Neuroscience of human movement*. St. Louis: Mosby.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh handedness inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Paccalin, C., & Jeannerod, M. (2000). Changes in breathing during observation of effortful actions. *Brain Research*, 862(1-2), 194-200.
- Page, S. J., Levine, P., Sisto, S. A., & Johnston, M. V. (2001). Mental practice combined with physical practice for upper-limb motor deficit in subacute stroke. *Physical Therapy*, 81(8), 1455-1462.
- Pohl, P. S., McDowd, J. M., Filion, D. L., Richards, L. G., & Stiers, W. (2001). Implicit learning of a per-

- ceptual-motor skill after stroke. *Physical Therapy*, 81(11), 1780-1789.
- Rossi, S., Pasqualetti, P., Tecchio, F., Pauri, F., & Rossini, P. M. (1998). Corticospinal excitability modulation during mental simulation of wrist movements in human subjects. *Neuroscience Letters*, 243(1-3), 147-151.
- Rossini, P. M., Rossi, S., Pasqualetti, P., & Tecchio, F. (1999). Corticospinal excitability modulation to hand muscles during movement imagery. *Cerebral Cortex*, 9(2), 161-167.
- Seger, C. A. (1994). Implicit learning. *Psychological Bulletin*, 115(2), 163-196.
- Squire, L. R., & Zola, S. M. (1996). Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93(24), 13515-13522.
- Stadler, M. A., & Frensch P. A. (1998). *Handbook of implicit learning*. Sage: Thousand Oaks.
- Stevens, J. A., & Stoykov, M. E. (2003). Using motor imagery in the rehabilitation of hemiparesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(7), 1090-1092.
- Van Der Graaf, F. H., De Jong, B. M., Maguire, R. P., Meiners, L. C., & Leenders, K. L. (2004). Cerebral activation related to skills practice in a double serial reaction time task: Striatal involvement in random-order sequence learning. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 20(2), 120-31.
- Warner, L., & McNeill, M. E. (1988). Mental imagery and its potential for physical therapy. *Physical Therapy*, 68(4), 516-521.
- Yue, G., & Cole, K. J. (1992). Strength increases from the motor program: Comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *Journal of Neurophysiology*, 67(5), 1114-1123.

Abstract

Motor Skill Learning Through Mental Imagery Training With Serial Reaction Time Task

Kwon, Yong-Hyun*, M.Sc., P.T., Chang, Jong-Sung**, B.H.Sc., P.T., Hong Ji-Hun**,
B.H.Sc., P.T., Kim, Chung-Sun***, P.T., Ph.D.

*Dept. of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University

**Dept. of Physical Therapy, Graduate School of Rehabilitation Science, Daegu University

***Dept. of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University

Objective : Motor learning has been traditionally defined as the acquisition of skilled movements through physical practice. An increasing number of investigations have recently studied the effect of imagery practice and the relationship between actual and imagined practice. Thus, the purpose of the present study is to compare the effects of physical practice and mental imagery training on the sequential motor task.

Methods : Total of fifty college students(25 males) participated in the experiment with written informed consent, who had no history of neurologic or visual deficits. Subjects were randomly assigned to three groups(mental, physical, and control group). Different subjects participated in each experiment. Subjects were asked to press the matched button as quickly and accurately as possible, when one of five colored lights was displayed on computer screen(red, yellow, green, blue). Reaction time was recorded during five randomly ordered blocks at the pre and post test in all groups.

Results : A repeated measurement of two way ANCOVA showed that there was significant difference in a main effect of group and interaction of group by pre-post test, but not in a main effect of pre-post test. And there was a difference in the between group comparison in post-hoc analysis, which showed a great reduction in RT for mental and physical training groups compared with control group.

Conclusion : The findings reveal that the improvement of the motor skill occurred in both mental and actual practice, and mental imagery training is as much effective as the actual training. The sequential motor task through motor imagery practice improves performance by acting both on the preparation and anticipation on execution of movements. Motor imagery training might provide great benefits with brain damaged patients who could not perform the actual movement, by practicing virtual tasks that required motor planning and execution.

Key Words : Mental practice, Motor imagery, Serial reaction time task